2. Funções

1. COMPREENDER A HEMODINAMICA (DESENVOLVA SOBRE PRESSÃO, FLUXO E RESISTENCIA).

FISICA GERAL PARA ENTENDER FISICA NA FISIOLOGIA DO CORAÇÃO:

Pressão:

Uma resposta mecânica simples para “Por que o sangue flui?” é que os líquidos e os gases fluem por gradientes de pressão (ΔP) de regiões de alta pressão para regiões de baixa pressão. Por essa razão, o sangue pode fluir no sistema circulatório apenas se uma região desenvolver pressão mais elevada do que outras.

O sangue flui para fora do coração (a região de pressão mais alta) para o circuito fechado de vasos sanguíneos (uma região de menor pressão). Conforme o sangue se move pelo sistema, a pressão diminui, devido ao atrito entre o sangue e a parede dos vasos sanguíneos. Consequentemente, a pressão cai de forma contínua com o movimento do sangue para longe do coração (FIG. 14.2).

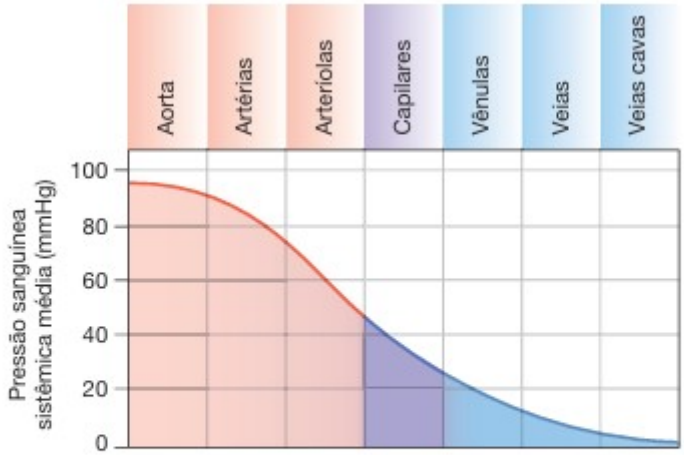


FIGURA 14.2 Gradiente de pressão na circulação sistêmica. A pressão média do sangue na circulação sistêmica varia desde 93 mmHg (milímetros de mercúrio) na aorta até poucos mmHg nas veias cavas.

A pressão mais alta nos vasos do sistema circulatório é encontrada na aorta e nas artérias sistêmicas, as quais recebem sangue do ventrículo esquerdo. A pressão mais baixa ocorre nas veias cavas, imediatamente antes de desembocarem no átrio direito.

FISICA E PRESSÃO, VOLUME, FLUXO E RESISTENCIA:

Pressão em líquido:

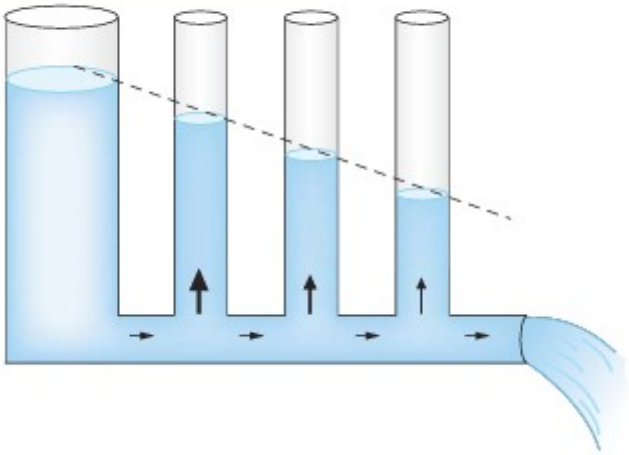
A pressão em um líquido é a força exercida pelo líquido no seu recipiente. No coração e nos vasos sanguíneos, a pressão é normalmente mensurada em milímetros de mercúrio (mmHg), em que um milímetro de mercúrio equivale à pressão hidrostática exercida por uma coluna de mercúrio com 1 mm de altura sobre uma área de 1 cm2. Algumas referências fisiológicas expressam as pressões em torr (1 torr 1 mmHg) ou em centímetros de água: 1 cm H2 O 0,74 mmHg.

Líquido não se move:

Se o fluido não está se movendo, a pressão que ele exerce é chamada **de pressão hidrostática** (FIG. 14.3a), e a força é exercida igualmente em todas as direções. Por exemplo, uma coluna de líquido em um tubo exerce pressão hidrostática na base e nos lados do tubo.

Em um sistema no qual o líquido está em movimento, **a pressão cai** com a distância à medida que a energia é perdida devido ao atrito (Fig. 14.3b).

(b) Quando o líquido começa a fluir pelo sistema, a pressão cai com a distância, em decorrência da perda de energia causada pelo atrito. Essa é a situação que ocorre no sistema circulatório.



Além disso, a pressão exercida por um líquido em movimento tem dois componentes: um dinâmico, que é o componente do movimento e que representa a energia cinética do sistema, e um componente lateral, que representa a pressão hidrostática (energia potencial) exercida sobre as paredes do sistema. A pressão dentro do nosso sistema circulatório geralmente é denominada pressão hidrostática, embora se saiba que é um sistema no qual o líquido está em movimento.

A pressão nos líquidos pode mudar sem alteração do volume:

Se as paredes de um recipiente cheio de líquido se contraem, a pressão exercida sobre o líquido no recipiente aumenta.

No coração humano, a contração dos ventrículos cheios de sangue é similar a apertar um balão com água: a pressão gerada pela contração do músculo ventricular é transferida para o sangue. O sangue sob alta pressão flui para fora do ventrículo, para os vasos sanguíneos, deslocando o sangue sob baixa pressão que já está nos vasos. A **pressão criada dentro dos ventrículos é denominada pressão propulsora, pois é a força que impulsiona o sangue pelos vasos sanguíneos.**

Quando as paredes de um recipiente preenchido com líquido se expandem, a pressão exercida sobre o líquido diminui. Por isso, quando o coração relaxa e se expande, a pressão dentro das câmaras cheias de líquido cai. Variações na pressão também podem ocorrer nos vasos sanguíneos. Se os vasos sanguíneos dilatarem, a pressão dentro do sistema circulatório cai. Se os vasos sanguíneos contraírem, a pressão sanguínea no sistema aumenta. **As mudanças**

no volume dos vasos sanguíneos e no coração são os principais fatores que influenciam a pressão sanguínea no sistema circulatório.

Fluxo sanguíneo:

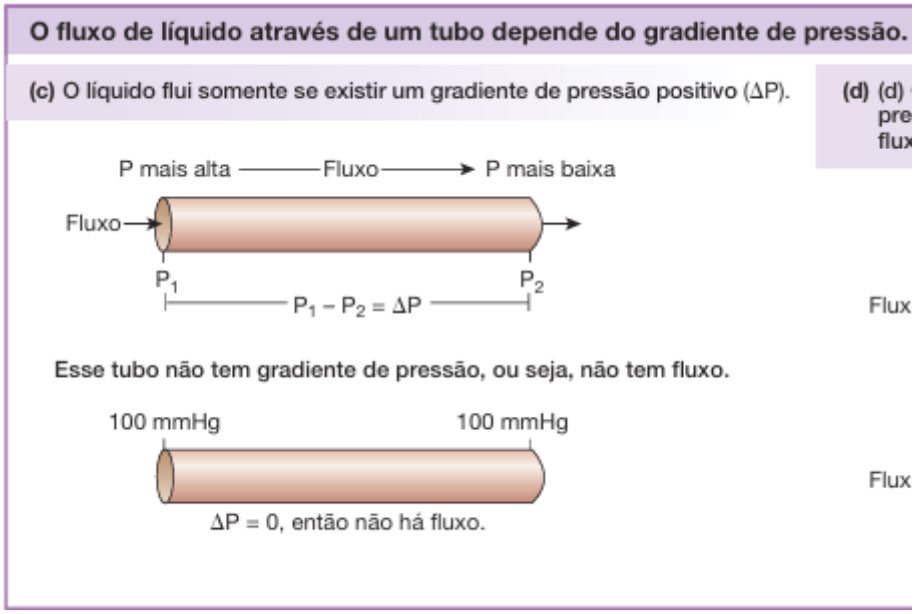
Sangue flui de uma área de maior pressão para uma área de menor pressão:

o fluxo sanguíneo pelo sistema circulatório requer um gradiente de pressão. Esse gradiente de pressão é análogo à diferença na pressão entre as extremidades de um tubo através do qual o líquido flui (Fig. 14.3c). O fluxo pelo tubo é diretamente proporcional ao ( ) gradiente de pressão (ΔP):

$$\text{Fluxo} \propto \Delta P \qquad (1)$$

em que $\Delta P = P_1 - P_2$. Essa relação significa que quanto maior o gradiente de pressão, maior é o fluxo de líquido.

Um gradiente de pressão não é a mesma coisa que a pressão absoluta no sistema. Por exemplo, o tubo na Figura 14.3c tem uma pressão absoluta de 100 mmHg em cada extremidade. Entretanto, como não existe gradiente de pressão entre as duas extremidades, não há fluxo pelo tubo. Por outro lado, dois tubos idênticos podem apresentar pressões absolutas muito diferentes, mas o mesmo fluxo. O tubo superior na Figura 14.3c tem uma pressão hidrostática de 100 mmHg em uma extremidade e 75 mmHg na outra, assim, o gradiente de pressão entre as duas extremidades do tubo é igual a 25 mmHg. O tubo idêntico na parte inferior tem uma pressão hidrostática de 40 mmHg em uma extremidade e 15 mmHg na outra. Esse tubo tem pressão absoluta menor ao longo de todo o seu comprimento, mas o mesmo gradiente de pressão que o tubo acima: 25 mmHg. Uma vez que a diferença de pressão é igual nos dois tubos, o fluxo é o mesmo.



Resistencia:

A resistência se opõe ao fluxo:

Em um sistema ideal, uma substância em movimento permaneceria em movimento. Contudo, nenhum sistema é ideal, pois qualquer movimento gera atrito. o sangue que flui pelos vasos sanguíneos gera atrito com a parede dos vasos e entre as próprias células do sangue.

A tendência de o sistema circulatório se opor ao fluxo sanguíneo é denominada resistência ao fluxo. A resistência (R) é um termo que a maioria de nós entende a partir da nossa vida cotidiana. Falamos de pessoas que resistem a mudanças ou escolhem caminhos que ofereçam menor resistência. Esse conceito se adapta bem ao sistema circulatório, visto que o fluxo sanguíneo também escolhe o caminho com menor resistência**. Um aumento na resistência de um vaso sanguíneo resulta em redução do fluxo por ele.** Podemos expressar essa relação da seguinte forma:

$$\text{Fluxo} \propto 1/R \qquad (2)$$

Essa expressão diz que o fluxo é inversamente proporcional à resistência; se a resistência aumenta, o fluxo diminui; se a resistência diminui, o fluxo aumenta. Quais parâmetros determinam a resistência? Para um líquido que flui por um tubo, a resistência é influenciada por três componentes: o raio do tubo (r), o comprimento

do tubo (L) e a viscosidade (“espessura”) do líquido (N, a letra grega eta). A seguinte equação, derivada pelo médico francês Jean Leonard Marie Poiseuille e conhecida como lei de Poiseuille, mostra a relação entre esses fatores:

$$R = 8L\eta/\pi r^4$$

Como o valor de 8/pi é uma constante, este fator pode ser removido da equação, e a relação pode ser reescrita como:

$$R \propto L\eta/r^4$$

Essa expressão diz que (1) a resistência oferecida por um tubo ao fluxo do líquido aumenta quando o comprimento do tubo aumenta, (2) a resistência aumenta à medida que aumenta a viscosidade do líquido, mas (3) a resistência diminui quando o raio do tubo aumenta.

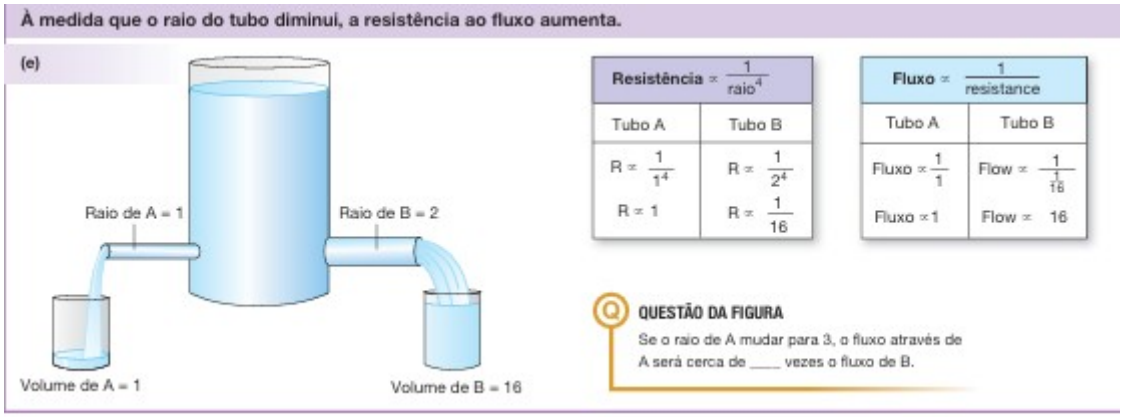
A FIM DE ESTUDOS: Para lembrar essas relações, pense em tomar algo por um canudinho. Você não precisa sugar tão forte se o canudo é curto (a resistência oferecida pelo canudo aumenta quando seu comprimento aumenta). Beber água de canudinho é mais fácil que beber um milkshake espesso (a resistência aumenta com a viscosidade). Além disso, tomar o milkshake com um canudo mais grosso é muito mais fácil do que com um canudinho fino (a resistência aumenta quando o raio diminui). O quão significantes são o comprimento do tubo, a viscosidade do líquido e o raio do tubo para o fluxo sanguíneo em um indivíduo normal? O comprimento da circulação sistêmica é de terminado pela anatomia do sistema e é essencialmente constante.

A **viscosidade do sangue** é determinada pela razão entre os eritrócitos e o plasma, bem como pela quantidade de proteínas plasmáticas. Em geral, a viscosidade é constante, e pequenas mudanças no comprimento ou na viscosidade causam poucos efeitos na resistência. Isso faz as mudanças no raio dos vasos sanguíneos serem a principal variável que afeta a resistência na circulação sistêmica. Vamos retornar ao exemplo do canudo e do milkshake para ilustrar como a modificação no raio do tubo afeta a resistência. Se assumirmos que o comprimento do canudo e a viscosidade do milkshake não mudam, este sistema é semelhante ao sistema

circulatório – onde o raio do tubo tem o maior efeito sobre a resistência. Se considerarmos somente a resistência (R) e o raio (r) na equação 4, a relação entre resistência e raio pode ser expressa como:

$$R \propto 1/r^4$$

Se o raio do canudo fino é 1, sua resistência é proporcional a 1/14, ou 1. Se o canudo grosso tem um raio igual a 2, a resistência que ele oferece é ½4, ou 1/16, da oferecida pelo canudo fino (Fig. 14.3e).



Como o fluxo é inversamente proporcional à resistência, o fluxo aumenta 16 vezes quando o raio duplica. Como você pode ver a partir deste exemplo, uma pequena mudança no raio do tubo tem um grande efeito sobre o fluxo de um líquido pelo tubo. Do mesmo modo, uma pequena mudança no raio de um vaso sanguíneo terá um grande efeito na resistência desse vaso ao fluxo sanguíneo**. A diminuição no diâmetro de um vaso sanguíneo é chamada de vasoconstrição. O aumento no diâmetro de um vaso sanguíneo é chamado de vasodilatação. A vasoconstrição diminui o fluxo sanguíneo pelo vaso, e a vaso dilatação o aumenta.** Em resumo, a combinação das equações 1 e 2 nos dá a equação:

$$\text{Fluxo} \propto \Delta P/R$$

que, traduzida em palavras, diz que o fluxo sanguíneo no sistema circulatório é diretamente proporcional ao gradiente de pressão no sistema e inversamente proporcional à resistência do sistema ao fluxo. Se o gradiente de pressão permanece constante, então o fluxo varia inversamente à resistência.

A velocidade de fluxo depende da taxa de fluxo e da área de secção transversal:

O fluxo geralmente significa a taxa de fluxo, que é o volume sanguíneo que passa em um dado ponto do sistema por unidade de tempo. Na circulação, o fluxo é expresso em litros por minuto (L/min) ou em mililitros por minuto (mL/min). Por exemplo, o fluxo sanguíneo através da aorta de um homem que pesa 70 kg em repouso é de cerca de 5 L/min. A taxa de fluxo não deve ser confundida com a velocidade de fluxo (ou simplesmente velocidade), que é a distância que um dado volume sanguíneo percorre em um dado período de tempo. **A velocidade de fluxo é uma medida de o quão rápido o sangue flui ao passar por um ponto.** Em contrapartida, a taxa de fluxo mensura quanto sangue (volume) passa por um ponto em um dado período de tempo. Por exemplo, olhe para a porta aberta da sua sala de aula. O número de pessoas que passam pela porta em um minuto é a taxa de fluxo de pessoas. O quão rápido essas pessoas estão passando pela porta é a sua velocidade. A relação entre a velocidade de fluxo (v), a taxa de fluxo (Q) e a área de secção transversal do tubo (A) é expressa pela equação

$$v = Q/A$$

que diz que a velocidade de fluxo por um tubo é igual à taxa de fluxo dividida pela área de secção transversal do tubo. Em um tubo com diâmetro fixo (e, portanto, uma área de secção transversal fixa), a velocidade de fluxo é diretamente relacionada à taxa de fluxo. Em um tubo com diâmetro variável, se a taxa de fluxo é constante, a velocidade de fluxo varia inversamente ao diâmetro. Em outras palavras, **a velocidade é maior em partes mais estreitas e mais lenta em partes mais largas.**

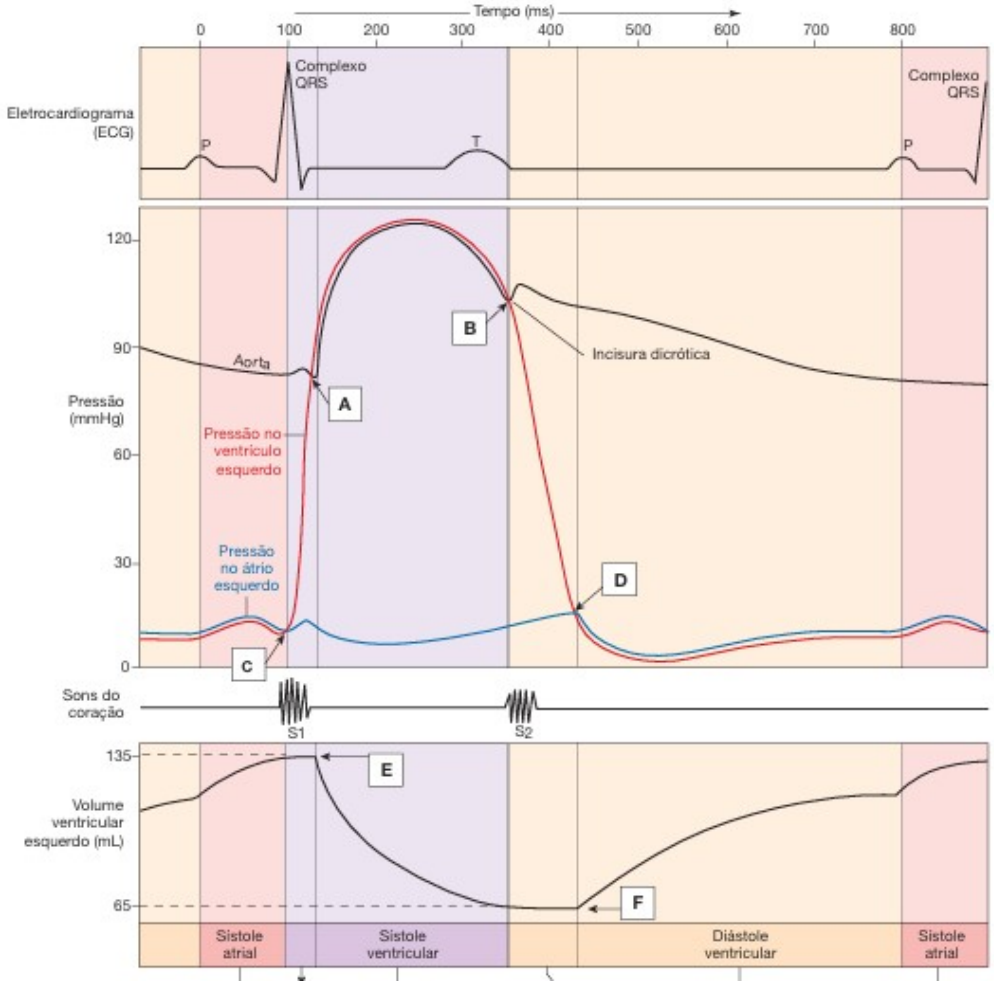
FISICA NA FISIOLOGIA CARDIACA:

As valvas cardíacas asseguram um fluxo unidirecional no coração:

Como indicado pelas setas na Figura 14.5g, o sangue flui através do coração em um único sentido. Dois conjuntos de valvas cardíacas asseguram este fluxo unidirecional: as **valvas atrioventriculares**, localizadas entre os átrios e os ventrículos, e as **válvulas semilunares.** localizadas entre os ventrículos e as artérias. Embora estes dois conjuntos de valvas sejam muito diferentes em termos estruturais, eles têm a mesma função: impedir o fluxo sanguíneo para trás.

Quando um ventrículo contrai, o sangue é empurrado contra o lado de baixo da valva AV, empurrando-a para cima para assumir a posição fechada (Fig. 14.7b). As cordas tendíneas impedem que a valva seja empurrada para dentro do átrio, do mesmo modo que as varetas de um guarda-chuva impedem que ele vire do avesso quando há um vento muito forte. Ocasionalmente, as cordas falham, e a valva é empurrada para dentro do átrio durante a contração ventricular. Essa condição anormal é conhecida como prolapso. As duas valvas AV não são idênticas.

Pressão e ciclo cardíaco:



OBS: todas as curvas são de pressão, em relação ao tempo. (pressão da aorta, do ventrículo, do átrio).

(a) volume diastólico final, (b) a valva da aorta se abre, (c) a valva mitral se abre, (d) a valva da aorta se fecha, (e) a valva mitral se fecha, (f) volume sistólico final.

Em relação a imagem:

Lembre-se que o fluxo sanguíneo através do coração é regido pelo mesmo princípio que rege o fluxo de todos os líquidos e gases: o fluxo vai de áreas de maior pressão para áreas de menor pressão. Quando o coração contrai, a pressão aumenta e o sangue flui para as áreas de menor pressão. O ciclo inicia no ponto A. O ventrículo completou a sua contração e contém uma quantidade mínima de sangue, que ele manterá durante todo o ciclo. O ventrículo está relaxado e a pressão no seu interior também está em seu menor valor. O sangue está fluindo das veias pulmonares para o átrio. Quando a pressão no átrio ultrapassa a pressão do ventrículo, a valva mitral (AV esquerda), localizada entre o átrio e o ventrículo, abre-se, (Fig. 14.17b, ponto A). Agora, o sangue flui do átrio para o ventrículo, aumentando seu volume (do ponto A para o ponto A'). À medida que o sangue entra, o ventrículo que está relaxando se expande para acomodar o sangue que está entrando. Consequentemente, o volume do ventrículo aumenta, porém a pressão do ventrículo aumenta muito pouco.

A última etapa do enchimento ventricular é concluída pela contração atrial (do ponto A' para o ponto B). O ventrículo agora contém o volume máximo de sangue que ele manterá durante este ciclo cardíaco (ponto B). Como o enchimento máximo do ventrículo ocorre no final do relaxamento ventricular (diástole), este volume recebe o nome de volume diastólico final (VDF). Quando a contração ventricular inicia, a valva mitral (AV) se fecha. Com as valvas AV e as válvulas semilunares fechadas, o sangue no interior do ventrículo não tem para onde ir. Entretanto, o ventrículo continua a se contrair, fazendo a pressão aumentar rapidamente durante a contração ventricular isovolumétrica (B n C na Fig. 14.17b). Quando a pressão no ventrículo ultrapassa a pressão na aorta, a valva da aorta se abre (ponto C). A pressão continua a se elevar enquanto o ventrículo se contrai ainda mais, porém o volume ventricular diminui conforme o sangue é ejetado para a aorta (C n D). O coração não se esvazia completamente de sangue a cada contração ventricular. O volume sanguíneo deixado no ventriculo ao final da contração é chamado de volume sistólico final (VSF). O VSF (ponto D) é a menor quantidade de sangue que o ventrículo contém durante um ciclo cardíaco. Ao final de cada contração ventricular, o ventrículo começa a relaxar e a pressão diminui. Quando a pressão no ventrículo cai a valores inferiores aos da pressão na aorta, a válvula semilunar se fecha, e o ventrículo mais uma vez se torna uma câmara isolada. O restante do relaxamento ocorre sem alteração no volume sanguíneo e, portanto,

essa fase é chamada de relaxamento isovolumétrico (Fig. 14.17b, D n A). Quando finalmente a pressão ventricular cai a níveis inferiores aos da pressão atrial, a valva AV esquerda (mitral) abre-se e o ciclo inicia novamente. Os eventos elétricos e mecânicos do ciclo cardíaco estão resumidos em conjunto na FIGURA 14.18, conhecida como dia grama de Wiggers, após esse fisiologista tê-la descrito pela primeira vez.

Na onda C (vermelho)= vamos ter uma maior pressão no átrio esquerdo ne pq ele contrai, maior que a pressão no ventrículo (azul). Ate pq o sangue fui do átrio para o ventrículo. (figura do meio)

Na sístole atrial aumenta o volume do ventrículo (figura abaixo)

A pressão no ventrículo tende a empurrar o sangue de volta para o átrio, pq a pressão dele vai estar mais alta que a do átrio, mas ai entra a valva que se fecha e faz o som “tummm”, ventrículo continua contraindo. Pressão dele fica aumentando, mas n vai sair sangue nesse momento pq a pressão da aorta é maior (mt sangue na aorta) que a do ventrículo, ate chegar no momento que a pressão do ventrículo vai ser maior que a pressão da aorta. (momento de contração ventricular isovolumétrica).

Quando passa da pressão da aorta as valvas semilunares se abrem (onda A) na onda E a sístole ventricular o volume de sangue ta menor pq ta saindo (ejeção ventricular)

Na onda T, tem o relaxamento ventricular, ainda tem sangue saindo, mas ele vai relaxando ate que a pressão no ventrículo fique maior do que na aorta. Relaxa ate que a pressão no ventrículo fique menor do que a pressão na aorta. Nesse momento, o sangue tende a voltar da aorta para o ventrículo, no que ele tenta voltar a valva fecha ai faz “tu” de novo ou ta “ta” é o segundo som cardíaco “S2”.

OBS: TODO CORAÇÃO NO FINAL DA SISTOLE SOBRE UM VOLUME DE SANGUE (INICIO DO GRAFICO PEQUENO)

Incisura dicrotica= quando o sangue tenta voltar que fecha a valva o sangue da uma remexida e ai o coração volta a relaxar.

O volume sistólico é o volume sanguíneo bombeado em uma contração:

Qual a finalidade de o sangue permanecer nos ventrículos ao final de cada contração? A finalidade é que o VSF de 65 mL proporciona uma margem de segurança, uma reserva. Com uma contração mais eficaz, o coração pode diminuir seu VSF, enviando mais sangue para os tecidos. Como muitos órgãos do corpo, o coração geralmente não trabalha “a todo vapor”. A quantidade de sangue (volume) bombeado por um ventrículo durante uma contração é chamada de volume sistólico. É medido em mililitros por batimento e pode ser calculado da seguinte forma:

Volume sanguíneo antes da contração − volume sanguíneo após a contração = volume sistólico

VDF − VSF = volume sistólico (9)

Para a contração média em uma pessoa em repouso:

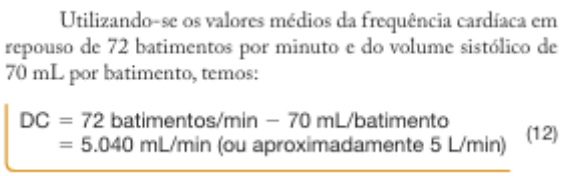
135 mL − 65 mL = 70 mL, o volume sistólico normal (10)

O volume sistólico não é constante e pode aumentar até 100 mL durante o exercício. O volume sistólico, assim como a frequência cardíaca, é regulado por mecanismos que são discutidos mais adiante neste capítulo.

O débito cardíaco é uma medida do desempenho cardíaco:

Como podemos avaliar **a eficácia do coração como uma bomba**? Uma forma é medir **o débito cardíaco (DC), o volume sanguíneo ejetado pelo ventrículo esquerdo em um determinado período de tempo**. Uma vez que todo o sangue que deixa o coração flui através dos tecidos, **o débito cardíaco é um indicador do fluxo sanguíneo total do corpo.** Entretanto, o débito cardíaco não nos informa como o sangue é distribuído aos vários tecidos. Esse aspecto do fluxo sanguíneo é regulado nos tecidos. O débito cardíaco (DC) pode ser calculado multiplicando-se a frequência cardíaca (batimentos por minuto) pelo volume sistólico (mL por batimento, ou por contração):

Débito cardíaco (DC) = frequência cardíaca − volume sistólico (11)



Utilizando-se os valores médios da frequência cardíaca em repouso de 72 batimentos por minuto e do volume sistólico de 70 mL por batimento, temos:

DC = 72 batimentos/min − 70 mL/batimento
= 5.040 mL/min (ou aproximadamente 5 L/min) (12)

A média do volume total de sangue é de aproximadamente 5 litros. Isso significa que, em repouso, um lado do coração bombeia todo o sangue através do corpo em apenas 1 minuto. Em geral, o débito cardíaco é o mesmo em ambos os ventrículos. Contudo, se por alguma razão um lado do coração começa a falhar e se torna incapaz de bombear de maneira eficiente, o débito cardíaco torna-se desigual. Nessa situação, o sangue é represado na circulação atrás do lado mais fraco do coração. Durante o exercício físico, o débito cardíaco pode chegar de 30 a 35 L/min. Alterações homeostáticas no débito cardíaco são provocadas por mudanças na frequência cardíaca, no volume sistólico ou em ambos. Os mecanismos locais e reflexos podem alterar o débito cardíaco.

Pergunta para o tutorial:

No caso de Karen (do texto), como as alterações na pressão, no fluxo e na resistência dos vasos sanguíneos podem explicar seus sintomas de palpitações, dispneia e desmaio durante o exercício?

Possível resposta de alguns: Durante o **exercício**, a demanda muscular por oxigênio aumenta, mas o **fluxo sanguíneo pode estar reduzido** pela resistência aumentada → **dispneia** (falta de ar por menor oxigenação tecidual).

Se a **pressão cai repentinamente** (ex. após exercício intenso ou vasodilatação súbita) ou se o coração não consegue manter o débito, há **queda do fluxo cerebral → desmaio (síncope)**.

2. EXPLORAR SOBRE OS CANAIS SANGUINEOS (DIFERENÇAS ENTRE CADA UM, FUNÇÕES, HISTOLOGIA).

ARTÉRIAS:
As artérias desempenham um papel crucial no sistema circu latório, transportando sangue oxigenado do coração para os diferentes órgãos e tecidos do corpo. Elas são essenciais pa ra a nutrição celular, pois fornecem oxigênio e nutrientes n

ecessários para o funcionamento adequado das células. O s angue que flui pelas artérias é bombeado pelo coração, espe cialmente pelo ventrículo esquerdo, e circula sob alta press ão, o que é fundamental para alcançar todas as partes do co rpo. Tradicionalmente, são classificadas em três tipos, com base no seu calibre e nas características da túnica média:

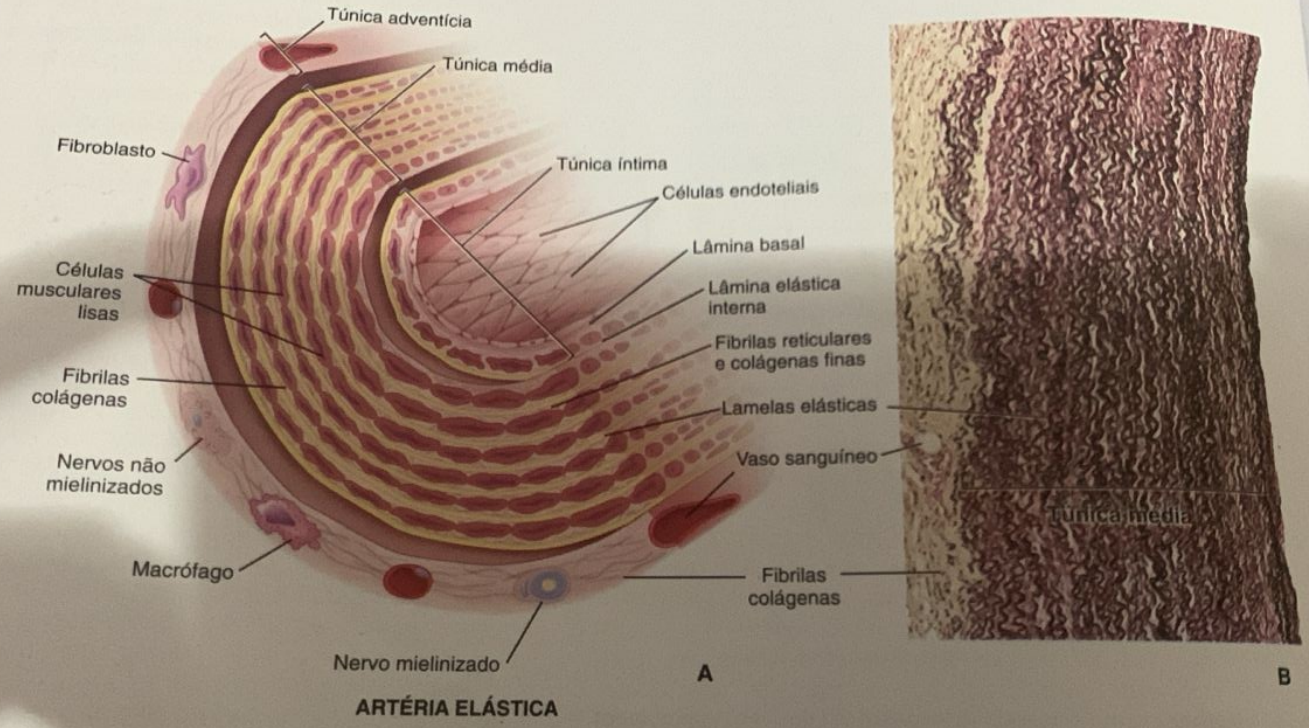
Artérias de grande calibre ou artérias elásticas, como a aorta e as artérias pulmonares, transportam sangue do coração para as circulações sistêmica e pulmonar, respectivamente. Seus principais ramos – o tronco braquiocefalico, as artérias carótida comum, subclávia e ilíaca comum – também são classificadas como artérias elásticas.

Apresentam múltiplos folhetos de lamelas elásticas em suas paredes.

Função dessas artérias: atuam principalmente como tubos de condução; no entanto, elas também facilitam o movimento contínuo e uniforme de sangue ao longo do tubo. O fluxo sanguíneo ocorre da seguinte maneira: os ventrículos do coração bombeiam o sangue para dentro das artérias elásticas durante a sístole (fase de contração do ciclo cardíaco). A pressão gerada pela contração dos ventrículos move o sangue através das artérias elásticas e ao longo da arvore arterial. Simultaneamente, provoca também a distensão da parede das grandes artérias elásticas. **A distensão é limitada pela rede de fibras colágenas na túnica média e na túnica adventícia** (fig 13.14). Durante a diástole (a fase de relaxamento do ciclo cardíaco), quando não há pressão gerada pelo coração, a retração das artérias elásticas distendidas promove a manutenção da pressão arterial e o fluxo de sangue nos vasos. A retração elástica inicial força o sangue tanto para longe quanto de volta ao coração. O fluxo de sangue em direção ao coração determina o fechamento da valva aorta e da valva pulmonar. Em seguida, a retração elástica continuada mantém o fluxo continuo de sangue para longe do coração.

que contêm o fator de von Willebrand e a selectina P. O fator

modo detalhado no início deste capítulo (ver pp. 417 a 420).



ARTÉRIA ELÁSTICA

Figura 13.14 Diagrama e fotomicrografia de uma artéria elástica. A. Este diagrama esquemático de uma artéria elástica típica mostra seus componentes celulares e extracelulares. Observe a organização das células musculares lisas na túnica média e a distribuição das lamelas elásticas. A lâmina elástica interna não está bem definida e é representada pelas lamelas elásticas mais internas da parede arterial. **B.** Esta fotomicrografia em pequeno aumento mostra o corte da parede da aorta humana, corada com resorcina-fucsina de Weigert, o que possibilita identificar as lamelas elásticas intercaladas com células musculares lisas da túnica média. Apenas a túnica média, que é a mais espessa das três camadas das artérias elásticas, está marcada nesta imagem. Observe que lamelas elásticas, fibrilas colágenas e vasos sanguíneos de pequeno calibre estão presentes na túnica adventícia. 48×.

fibri

A **hipertensão arte**
em cerca de 25% d
são diastólica pers
uma pressão sistó
hipertensão está f
cular aterosclerót
cardiovasculares,
gina de peito. Na
ocorre diminuiçã
rias musculares
sistência vascu
pode resultar d
do vaso, um a
parede ou am
Nos indiv
musculares l
contribui, en
Concomitan
lisas acumu
pertensão
de aterosc
a hiperten
redes dos
hipertens
túnica int
O mú
arterial
tando e
Nessa
um aur
lulas n
hipert
fia ve

las colágenas: Elastina → garante a **complacência** (capacidade de expandir).

Colágeno → garante a **resistência** (limita o quanto pode expandir).

A túnica intima da artéria elástica consiste em endotélio, tecido conjuntivo subendotelial e uma lamina elástica interna indistinguível.

Túnica intima das artérias elásticas: é espessa e consiste nos seguintes componentes:

No revestimento endotelial com sua lamina basal, as células são caracteristicamente planas e alongadas, com seus eixos longos orientados paralelamente à direção do fluxo sanguíneo na artéria. No folheto epitelial, as células são unidas por junções firmes (zonulas de oclusão) e por junções comunicantes (junções gap).

Camada subendotelial de tecido conjuntivo nas artérias elásticas de maior calibre consiste em tecido conjuntivo com fibras tanto colágenas quanto elásticas. O principal tipo de célula nessa camada é a célula muscular lisa. É contrátil e secreta substancia fundamental extracelular, bem como fibras colágenas e elásticas.

Lamina elástica interna nas artérias elásticas não é evidente, uma vez que ela constitui uma das muitas camadas elásticas existentes na parede do vaso. É geralmente identificada apenas por ser a camada elástica mais interna da parede arterial.

As células endoteliais participam na integridade estrutural e funcional da parede vascular: além de proporcionarem uma barreira física entre o sangue circulante e os tecidos subendoteliais, as células endoteliais também produzem agentes vasoativos, que causam constrição e relaxamento dos músculos lisos subjacentes. Os múltiplos papeis e funções do revestimento endotelial ESTÁ NA PAGINA (417 A 420).

Tunica media das artérias elásticas consiste em múltiplas camadas de células musculares lisas, vasculares, entremeadas por lamelas elásticas.

Túnica media é a mais espessa das três camadas de artérias elásticas e consiste nos seguintes elementos:

Elastina na forma de folhetos ou lamelas frenestrados, localizada entre as camadas de células musculares. Essas lamelas estão dispostas em camadas concêntricas (figuras 13.14 e 13.16 e prancha 33). As frenestrações nas lamelas facilitam a difusão de substâncias na parede arterial (**Lamelas fenestradas** são **camadas finas (lamelas)** de **tecido elástico** que possuem **pequenos orifícios ou aberturas (fenestras)**.
Essas aberturas permitem a **passagem de substâncias, nutrientes e moléculas** entre diferentes camadas de um vaso sanguíneo). O número e a espessura dessas lamelas estão relacionados com a pressão arterial e a idade. Nos indivíduos com hipertensão arterial, tanto o número quanto a espessura das lamelas estão aumentados.

musculares lisas vasculares que sintetizam o

similar ao da vascul

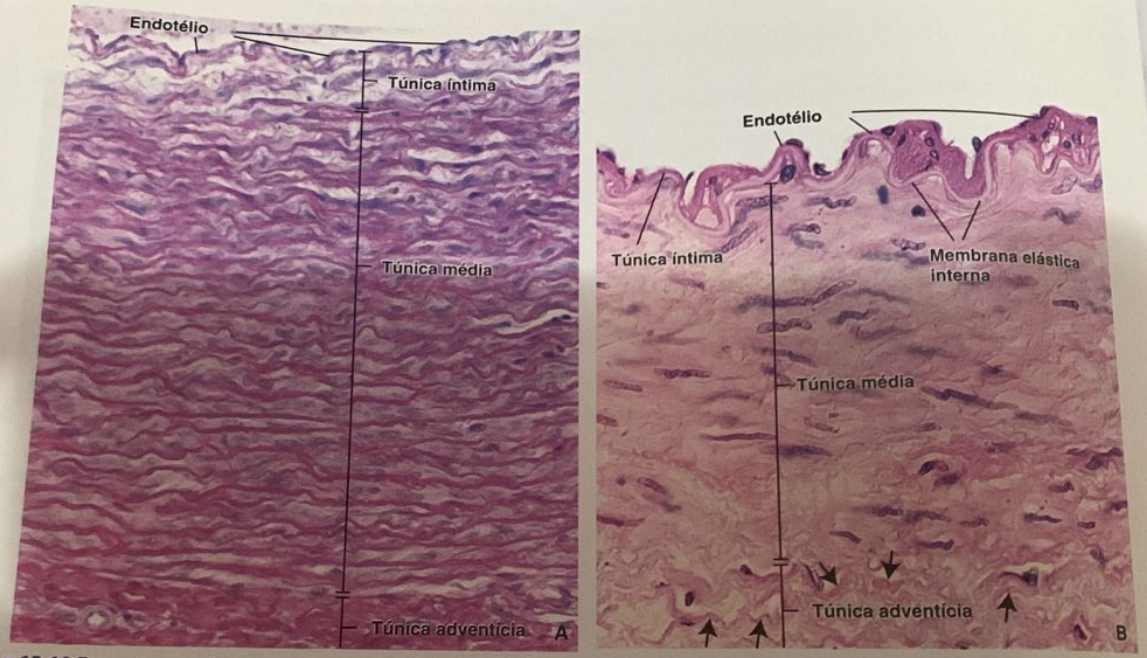


Figura 13.16 Fotomicrografias da parede de artérias elásticas e musculares. A. Esta fotomicrografia mostra um corte transversal da aorta humana, corada com resorcina-fucsina para demonstrar o material elástico. Podem ser identificadas três camadas: túnica íntima, túnica média e túnica adventícia. A túnica íntima consiste em um revestimento de células endoteliais que repousam sobre uma fina camada de tecido conjuntivo contendo células musculares lisas, macrófagos ocasionais e fibras colágenas e elásticas. O limite entre ela e o tecido abaixo, a túnica média, não está claramente definido. A túnica média contém uma quantidade abundante de células musculares lisas (observe os núcleos corados em *azul*) e numerosas membranas elásticas fenestradas (as lamelas *onduladas* em *vermelho*). A túnica adventícia, a camada mais externa, não dispõe de lâmina elástica; consiste principalmente em tecido conjuntivo e contém os vasos sanguíneos e os nervos que suprem a parede da aorta. 300×. **B.** Fotomicrografia de um corte transversal através de uma artéria muscular em uma preparação de rotina corada pela H&E, mostrando que a parede da artéria muscular também é organizada em três camadas, similarmente ao observado na artéria elástica. A túnica íntima consiste em um revestimento endotelial apoiado sobre uma pequena quantidade de tecido conjuntivo e na lâmina elástica interna. Essa estrutura é altamente retrátil e apresenta aspecto ondulado quando o vaso está contraído. A constrição da lâmina elástica também faz com que os núcleos das células endoteliais apareçam arredondados. A túnica média consiste principalmente em células musculares lisas de disposição circular e em fibras colágenas e elásticas. Os núcleos das células musculares lisas, quando contraídos, adquirem aparência em saca-rolhas. A túnica adventícia consiste principalmente em tecido conjuntivo. Uma membrana elástica externa, bem-definida, não está aparente nesse vaso, mas é possível observar a existência de perfis de material elástico (*setas*). 360×.

de 30 cé

A função dos *vasa vasorum* consis
e oxigênio para a parede vascular
gradação produzidos pelas célula
produtos difundidos do lúmen d

Há forte associação entre a maior
parede arterial e a formação da
hemodinâmico (*i. e.*, pressão ar

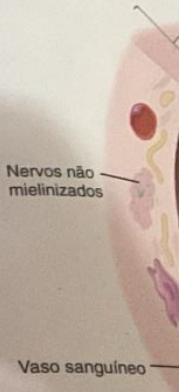


Figura 13.17 Diagra
celulares e extracelul
branas elásticas exte
cina-fucsina de Weig
membrana elástica
membranas elástic
delgadas. Nessa p
com fibras colág

Células musculares lisas vasculares estão dispostas em camadas. Essas células estão organizadas em uma espiral de intervalo curto em relação ao eixo longo do vaso; por conseguinte, nos cortes transversais da aorta, essas células aparecem em uma disposição circular. As células musculares lisas fusiformes, com núcleo alongado. São revestidas por uma lamina basal, exceto nos locais em que estão unidas por junções comunicantes. **Não há fibroblastos na túnica media.** São as células musculares lisas que sintetizam o colágeno, a elastina e outras moléculas da matriz extracelular.

Fibras colágenas e a **substancia fundamental** (proteoglicanos) são sintetizadas e secretadas pelas células musculares lisas vasculares.

Túnica adventícia na artéria elástica é uma camada de tecido conjuntivo relativamente fina: Nas artérias elásticas, a túnica adventícia, tem, em geral, menos da metade da espessura da túnica média. Consiste nos seguintes elementos:

Fibras colágenas, que ajudam a impedir a expansão da parede arterial além dos limites fisiológicos durante a sístole do ciclo cardíaco.

Fibras elásticas, que não formam lamelas, mas uma rede frouxa menos organizada que aquela encontrada na túnica média.

Fibroblastos e os **macrófagos,** que constituem as principais células da túnica adventícia.

Vasos do vasos (vasa vasorum), que incluem pequenos ramos arteriais, sua rede capilar e veias-satelite de modo similar ao da vascularização em geral.

Nervos dos vasos (vasculares), também denominados nervos vasoconstritores, são formados por fibras nervosas simpáticas pos-sinapticas não mielinizadas. Esses neuronios liberam norepinefrina (NE) como neurotransmissor sináptico, que promove estreitamento do lumen do vaso sanguíneo (vasoconstrição).

A função dos vasos dos vasos (vasa vasorum) consiste em fornecer nutrientes e oxigênio à parede vascular e remover os produtos de degradação.

Nos vasos de maior calibre, o transporte de oxigênio, nutrientes e produtos de degradação para o lumen e a partir dele é suplementado pela difusão através de uma rede de pequenos vasos sanguíneos,

denominado vasos dos vasos. Essa rede consiste em pequenas artérias que entram na parede vascular a partir do exterior do vaso e, em seguida, dividem-se em uma rede de arteríolas e capilares que suprem a parte externa da parede.

A função dos vasa vasorum consiste em fornecer nutrientes e oxigênio para a parede vascular e remover produtos de degradação produzidos pelas células que residem na parede ou produtos difundidos do lumen do vaso.

ARTÉRIAS DE CALIBRE MÉDIO/ ARTÉRIAS MUSCULARES: apresentam maior quantidade de musculo liso e menor quantidade de elastina na túnica media do que as artérias elásticas.

A membrana elástica interna proeminente ajuda a distinguir as artérias musculares das artérias elásticas. Em muitas situações, observa-se também **uma membrana elástica externa** identificável.

A túnica intima é mais fina nas artérias musculares e contém uma membrana elástica interna proeminente.

A **túnica intima** é relativamente mais fina nas artérias musculares que nas artérias elásticas. Consiste em um revestimento endotelial apoiado em sua lamina basal, uma camada subendotelial esparsa de tecido conjuntivo e uma **membrana elástica interna** proeminente. Em algumas artérias musculares, a camada subendotelial é tão escassa, que a lamina basal do endotélio parece fazer contato com a membrana elástica interna. Nos cortes histológicos, a membrana elástica interna geralmente aparece como uma estrutura ondulada bem-definida, devido à contração do musculo liso (figura 13.16 B).

A túnica média das artérias musculares é composta quase inteiramente de musculo liso vascular, com pouco material elástico.

A **túnica média** das artérias musculares consiste em células musculares lisas vasculares entremeadas por fibras colágenas e uma quantidade relativamente pequena de material elástico. A contração das células musculares lisas ajuda a manter a pressão arterial. Não há fibroblastos nessa camada. As células musculares lisas contem uma lamina externa (lamina basal), exceto nos locais das junções comunicantes, e produzem colágeno extracelular, elastina e substancia fundamental.

A túnica adventícia das artérias musculares é relativamente espessa e frequentemente esta separada da túnica media por uma membrana elástica externa evidente.

A **túnica adventícia** das artérias musculares consiste em fibroblastos, fibras colágenas, fibras elásticas e, em alguns vasos, células adiposas dispersas. Em comparação com as artérias elásticas, a túnica adventícia das artérias musculares é relativamente espessa – aproximadamente a mesma espessura que a da túnica media. As fibras colágenas constituem o principal componente extracelular. No entanto, há, com frequencia, uma concentração de material elástico imediatamente adjacente à túnica media constituindo a **membrana elástica externa**. Nervos e pequenos vasos (vasa vasorum) atravessam a túnica adventícia e emitem ramos que penetram na túnica media das artérias musculares de grande calibre.

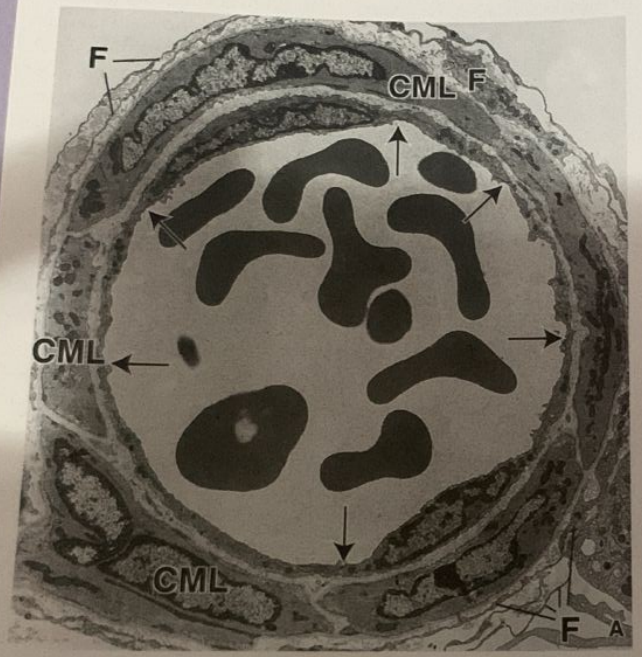
ARTERIAS DE PEQUENO CALIBRE E ARTERIOLAS

As artérias de pequeno calibre e arteríolas distinguem-se umas das outras pelo numero de camadas de células musculares lisas na túnica media.

As **arteríolas** apresentam apenas uma ou duas camadas, enquanto uma artéria de pequeno calibre pode ter ate oito camadas de musculo liso na túnica media (Figura 13.18 e prancha 35). Caracteristicamente, a túnica intima de uma artéria de pequeno calibre apresenta uma membrana elástica interna, enquanto essa camada pode ou não estar presente na arteríola. Em ambas, o endotélio é essencialmente semelhante ao de outras artérias, exceto que, ao microscopio eletrônico, podem ser observadas junções comunicantes entre as células endoteliais e as células musculares lisas da túnica media. Por fim, a túnica adventícia consiste em uma bainha fina e pouco definida de tecido conjuntivo, que se mistura com o tecido conjuntivo no qual esses vasos seguem o seu percurso.

a da túnica média. As fibras colágenas constituem o principal componente extracelular. No entanto, há, com frequência,

capilares. Na relação normal
de capilares, a contração do músculo liso na parede de uma



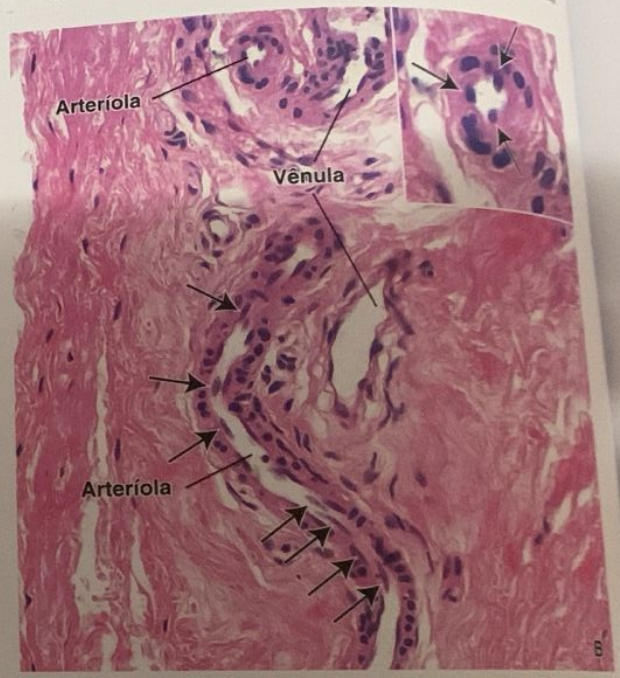


Figura 13.18 Eletromicrografia e fotomicrografia de arteríolas. A. Esta eletromicrografia mostra um corte transversal de uma arteríola. A túnica íntima do vaso é composta de um endotélio e de uma camada muito fina de tecido conjuntivo subendotelial (fibrilas colágenas e substância fundamental). As *setas* indicam junções entre as células endoteliais adjacentes. A túnica média consiste em uma única camada de células musculares lisas (*CML*). A túnica adventícia é composta de fibrilas colágenas e de várias camadas de fibroblastos (*F*) com prolongamentos extremamente finos. Alguns eritrócitos são vistos dentro do lúmen. 6.000×. **B.** Fotomicrografia de arteríola e vênula na derme. Uma arteríola é vista em corte longitudinal, enquanto outra é vista em corte transversal. Os núcleos redondos e ovoides na parede da arteríola cortada longitudinalmente pertencem às células musculares lisas da túnica média. Seu formato redondo a ovoide indica que essas células foram cortadas transversalmente. Os núcleos alongados (*setas*) pertencem às células endoteliais. 320×. **Detalhe.** A arteríola em corte transversal é mostrada aqui em aumento maior e revela os núcleos das células endoteliais fazendo protrusão dentro do lúmen (*setas*). Refletem um corte transversal. Os núcleos das células musculares lisas na túnica média aparecem como perfis alongados, refletindo a sua distribuição circular ao redor do vaso. 600×.

As arteríolas controlam o fluxo sanguíneo para as redes de capilares por meio da contração das células musculares lisas.

As **arteríolas** atuam como reguladores do fluxo para os leitos capilares. Na relação normal entre uma arteríola e uma rede de capilares, a contração do musculo liso na parede de uma arteríola aumenta a **resistência vascular** e reduz ou interrompe o sangue que vai para os capilares. O ligeiro espessamento do musculo liso na origem do leito capilar a partir de uma arteríola é denominado **esfíncter pre-capilar.**

CAPILARES

Os capilares são os vasos sanguíneos de menor diâmetro, frequentemente menor que o diâmetro de um eritrócito.

Os **capilares** formam as redes vasculares sanguíneas que possibilitam o movimento dos líquidos contendo gases, metabolitos e produtos de degradação através de suas paredes finas. O corpo humano contém aprox. 80.500 km de capilares. Cada capilar consiste em uma única camada de **células endoteliais** e **suas lâminas basais**. As células endoteliais formam um tubo de diâmetro exatamente suficiente para possibilitar a passagem de eritrócitos enfileirados, um de cada vez. Em muitos capilares, o lúmen é tão estreito, que os eritrócitos literalmente se dobram sobre eles próprios para conseguir atravessar o vaso (Figura 13.19). Os eritrócitos que atravessam o capilar ocupam praticamente todo o lúmen, minimizando a via de difusão para gases e nutrientes entre o capilar e o tecido extravascular.

ocorre o inverso.

CAPILARES

Os capilares são os vasos sanguíneos de menor diâmetro, frequentemente menor que o diâmetro de um eritrócito.

Os capilares formam as redes vasculares sanguíneas que possibilitam o movimento dos líquidos contendo gases, metabólitos e produtos de degradação através de suas paredes finas. O corpo humano contém aproximadamente 80.500 km de capilares. Cada capilar consiste em uma única camada de células endoteliais e suas lâminas basais. As células endoteliais formam um tubo de diâmetro exatamente suficiente para possibilitar a passagem dos eritrócitos enfileirados, um de cada vez. Em muitos capilares, o lúmen é tão estreito, que os eritrócitos literalmente se dobram sobre eles próprios para conseguir atravessar o vaso (Figura 13.19). Os eritrócitos que atravessam o capilar ocupam

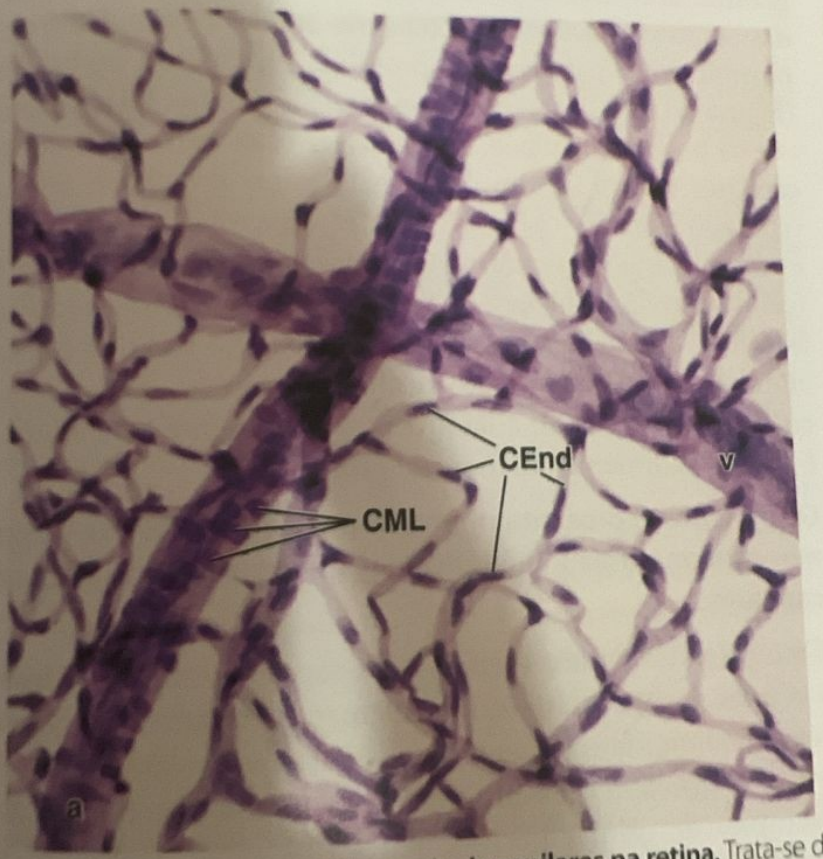


Figura 13.19 Fotomicrografia da rede de capilares na retina. Trata-se de um preparado total de capilares retinianos. Após leve digestão enzimática, a retina foi espalhada em uma lâmina de vidro, corada pelo método do ácido periódico de Schiff (PAS) e contracorada com hematoxilina. Cruzando verticalmente a imagem, vê-se uma arteríola (*a*) com camada nitidamente visível de células musculares lisas (*CML*) dispostas circularmente ao lúmen do vaso. Uma vênula (*v*) cruza perpendicularmente a arteríola. Observe a extensa rede de capilares que conecta ambos os vasos. Os núcleos das células endoteliais (*CEnd*) são claramente visíveis nos capilares. Neste aumento, os pericitos não são bem identificáveis. 560×. (Cortesia do Sr. Denifield W. Player.)

VEIAS: as túnicas das veias são tão distintas nem bem-definidas quanto as túnicas das artérias. As veias são classificadas em 4 tipos, de acordo com o calibre:

- As **vênulas** são ainda subclassificadas em **vênulas pós-capilares** e **musculares.** Elas recebem sangue dos capilares e apresentam diâmetro muito pequeno, de apenas 0,1 mm.
- As **veias de pequeno calibre** têm menos de 1mm de diâmetro e são contínuas com as vênulas musculares.
- As **veias de calibre médio** representam a maioria das veias dessa categoria. São geralmente acompanhadas das artérias e tem diâmetro de até 10mm.
- As **veias de grande calibre** têm geralmente diâmetro superior a 10mm. Exemplos dessas veias incluem as veias cavas superior e inferior e a veia porta do fígado.

VENULAS E VEIAS DE PEQUENO CALIBRE
As vênulas pós-capilares coletam sangue da rede de capilares e caracterizam-se pela existência de pericitos.
As **Venulas pos-capilares** apresentam revestimento endotelial com sua lamina basal e pericitos (prancha 35). O **endotélio** das vênulas pos-capilares constitui o principal local de ação dos agentes vasoativos, como a histamina e a serotonina.
Os **pericitos** representam células-tronco mesenquimatosas indiferenciadas, que formam conexões semelhantes a guarda-chuva com as células endoteliais. A relação entre as células endoteliais e os pericitos promove a sua mutua proliferação e sobrevida; ambos sintetizam e compartilham a lamina basal (fig 13.21). Sintetizam fatores de crescimento e se comunicam entre si através de junções comunicantes. A cobertura de pericitos é mais extensa nas vênulas pos-capilares do que nos capilares.

Figura 13.20 Diagrama dos três tipos de capilares. A. lâmina basal também contínua. As células endoteliais são unidas por zonul tecido subjacente. **B.** Os capilares fenestrados apresentam células endoteliais que de capilar é circundado por uma lâmina basal contínua. Em alguns órgãos, as fen de suas aberturas. **C.** Nos capilares descontínuos (capilares sinusoidais ou sinusoi paradas umas das outras por lacunas irregulares e amplas. O citoplasma das célul Adicionalmente, as células endoteliais repousam sobre uma lâmina basal descon

No trato gastrintestinal e na vesícula biliar, os capilares fenestrados apresentam menor quantidade de fenestrações e uma parede mais espessa quando não está ocorrendo absorção; se houver absorção, as paredes se adelgaçam, e o número de vesículas pinocitóticas e de fenestrações aumenta rapidamente. As alterações iônicas no tecido conjuntivo perivascular, causadas

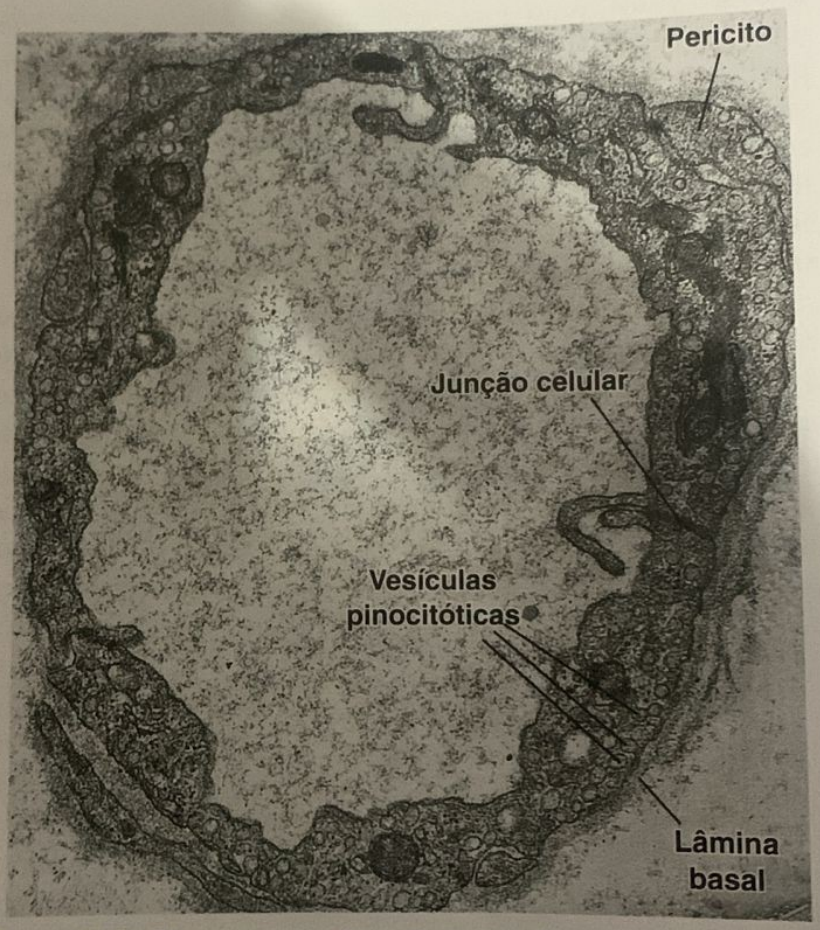


Figura 13.21 Eletromicrografia e diagrama de um capilar contínuo. As células endoteliais que compõem a parede de um capilar contínuo contêm numerosas vesículas pinocitóticas. As junções celulares caracterizam-se, frequentemente, por pregas citoplasmáticas (marginais) que fazem protrusão dentro do lúmen. Os núcleos das células endoteliais não estão incluídos no plano de corte da micrografia. Pela mesma razão, a eletromicrografia mostra apenas uma pequena quantidade do citoplasma do pericito. Observe que o citoplasma do pericito está envolvido pela lâmina basal. 30.000×.

As vênulas de endotélio alto são vênulas pos-capilares especializadas encontradas nos tecidos linfáticos, que mantem altos níveis de migração dos linfócitos do sangue.

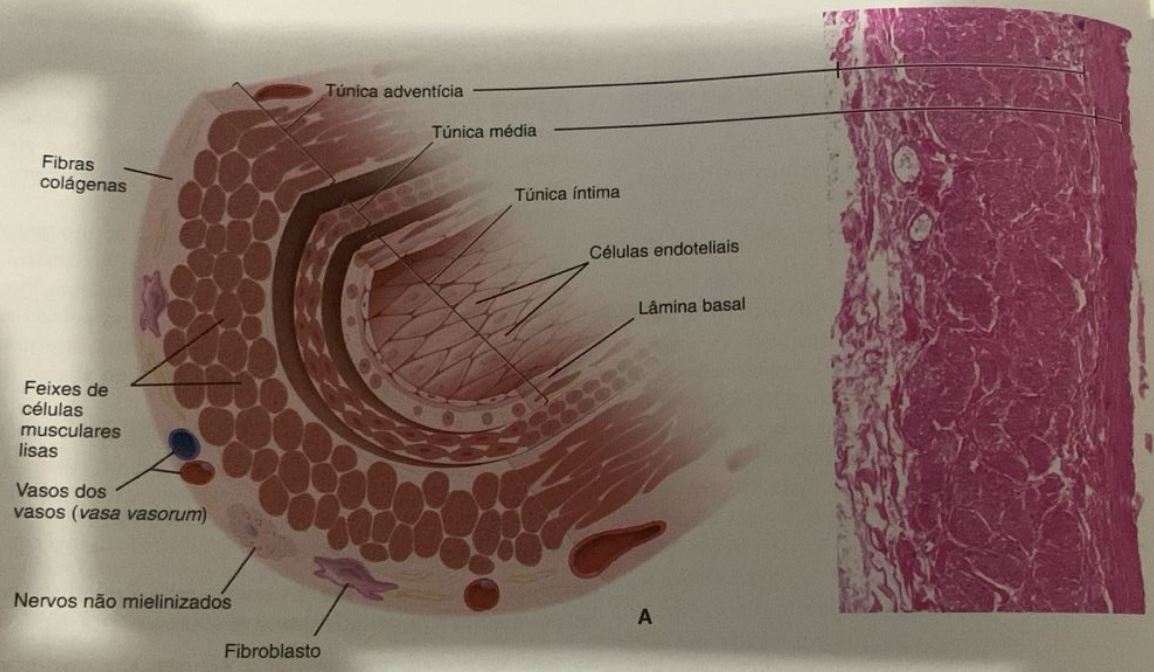
As vênulas musculares são diferenciadas das vênulas pos-capilares pela existência de uma túnica media. Enquanto as vênulas pos-capilares não contem uma túnica media verdadeira, as vênulas musculares apresentam uma ou duas camadas delgadas de músculo liso, que constituem a túnica media. A túnica adventícia desses vasos também é muito delgada. Em geral, não há pericitos nas vênulas musculares.

As VEIAS DE PEQUENO CALIBRE são uma continuação das vênulas musculares. Todas as 3 túnicas estão presentes e podem ser identificadas em uma preparação de rotina. A túnica media é geralmente formada por duas ou três camadas de musculo liso. Esses vasos apresentam uma túnica adventícia mais espessa.

VEIAS DE CALIBRE MEDIO: tem diâmetro de ate 10mm. A maioria das veias profundas que acompanham as artérias esta incluída nessa categoria (ex: veia radial, tibial, poplítea). As válvulas constituem um aspecto característico desses vasos e são mais numerosas na porção inferior do corpo, particularmente nos membros inferiores. As válvulas impedem o movimento retrogrado do sangue decorrente da gravidade.

VEIAS DE GRANDE CALIBRE: nas veias de grande calibre, a túnica media é relativamente fina, enquanto a túnica adventícia é relativamente espessa.
As veias com diâmetro superior a 10mm são classificadas como veias de grande calibre.

- A **túnica intima** dessas veias (fig 13.25 e prancha 34) consiste em um revestimento endotelial com sua lamina basal, uma pequena quantidade de tecido conjuntivo subendotelial e algumas células musculares lisas. Com frequência, o limite entre a túnica intima e a túnica media não esta totalmente definido, e nem sempre é fácil discernir se as células musculares lisas próximas ao do endotélio da túnica intima pertencem à túnica intima ou à túnica media.



VEIA DE GRANDE CALIBRE

Figura 13.25 Diagrama esquemático e fotomicrografia de uma veia de grande calibre. A. Os componentes celulares e extracelulares estão indicados. Observe uma fina camada de células musculares lisas da túnica média e da túnica adventícia dispostas circularmente, com grande quantidade de feixes musculares lisos dispostos longitudinalmente. **B.** Esta fotomicrografia mostra um corte através da parede de uma veia porta humana em uma preparação de rotina corada pela H&E. A túnica íntima não é discernível neste aumento. A túnica média contém uma camada de células musculares lisas dispostas circularmente, com fibras colágenas e elásticas. Observe que a camada mais espessa dessa parede é a túnica adventícia. Além de uma extensa rede de fibras colágenas e elásticas, a túnica adventícia contém uma camada ampla de células musculares lisas dispostas em feixes longitudinais. Esses feixes apresentam tamanho variável e estão separados entre si por fibras de tecido conjuntivo. 125×. (Cortesia do Dr. Donald J. Lowrie Jr., *University of Cincinnati College of Medicine.*)

Figura 13.26 Fotomicrografia de uma v
micrografia mostra as três túnicas em um
da veia porta corado com H&E. A túnica
uma camada subendotelial fina de tec
células musculares lisas. A túnica méd
fina de células musculares lisas de disp
é a camada mais espessa desse vaso.
de feixes musculares lisos orientados
corte transversal), separados por fibra

- A **túnica media** é relativamente mais fina e contem células musculares lisas dispostas circularmente, fibras colágenas e alguns fibroblastos.
- A **túnica adventícia** das veias de grande calibre (ex: as veias subclávia, a veia porta e as veias cavas) é a camada mais espessa da parede do vaso. Juntamente com as fibras colágenas e elásticas e fibroblastos habituais, a túnica adventícia também contem células musculares lisas dispostas longitudinalmente (figura 13.26). Extensões miocárdicas atriais, conhecidas como **bainhas miocárdicas,** são encontradas na adventícia das veias cavas superior e inferior, bem como na artéria pulmonar. A disposição, o comprimento, a orientação e a espessura das bainhas miocárdicas podem variar em diferentes indivíduos.

Figura 13.26 Fotomicrografia de uma veia de grande calibre. Esta fotomicrografia mostra as três túnicas em um corte realizado através da parede da veia porta corado com H&E. A túnica íntima consiste em endotélio e em uma camada subendotelial fina de tecido conjuntivo contendo algumas células musculares lisas. A túnica média tem uma camada relativamente fina de células musculares lisas de disposição circular. A túnica adventícia é a camada mais espessa desse vaso. Ela dispõe de uma camada espessa de feixes musculares lisos orientados longitudinalmente (vistos aqui em corte transversal), separados por fibras colágenas e elásticas. Observe uma camada de tecido conjuntivo contendo fibras colágenas e elásticas grosseiras, que separa os feixes longitudinais de músculo liso na túnica adventícia de uma camada de músculo liso da túnica média. 240×. (Cortesia do Dr. Donald J. Lowrie Jr., University of Cincinnati College of Medicine.)

- Os seios venosos durais representam canais venosos na cavidade craniana. São, essencialmente, espaços amplos na dura-máter, revestidos por células endoteliais e desprovidos de músculo liso
- A veia safena magna representa uma veia subcutânea longa do membro inferior, que se origina no pé e drena para a veia femoral logo abaixo do ligamento inguinal. Com frequência, essa veia é descrita como uma veia muscular, [illegible] uma quantidade incomum de mús-

DIFERENÇAS FUNCIONAIS ENTRE VEIAS, ARTERIAS E CAPILARES:

- **Artérias**: São responsáveis por levar sangue do coração para todos os tecidos do corpo. Possuem paredes mais elásticas e fortes, já que o sangue circula nelas sob alta pressão. As artérias se ramificam e tornam-se cada vez mais finas à medida que se afastam do coração.
- **Veias**: São vasos sanguíneos que transportam sangue proveniente dos tecidos para o coração. As veias apresentam paredes menos espessas e com menos fibras elásticas em comparação às artérias. A pressão sanguínea nas veias é menor, e elas possuem válvulas internas para impedir o refluxo do sangue.
- **Capilares**: São responsáveis pela troca de nutrientes, oxigênio e outros substâncias entre o sangue e os tecidos. Os capilares têm uma estrutura mais delicada, com um diâmetro de cerca de 8 mm, e são formados pelo processo de ramificação das artérias em arteríolas e, em seguida, em capilares.

Em resumo, as artérias são responsáveis por transportar sangue rico em oxigênio e nutrientes do coração para os tecidos, as veias transportam sangue pobre em oxigênio e rico em gás carbônico de volta ao coração, e os capilares são responsáveis pela troca de substâncias entre o sangue e os tecidos.

RESUMO NO QUADRO ABAIXO DE SUAS DIFERENÇAS:

Característica	**Artérias**	**Veias**	**Capilares**
Função principal	Transportar sangue rico em oxigênio do coração para os tecidos	Transportar sangue pobre em oxigênio dos tecidos para o coração	Realizar trocas gasosas entre o sangue e os tecidos
Pressão do	Alta	Baixa	Baixa

Característica	**Artérias**	**Veias**	**Capilares**
sangue			
Estrutura	Paredes mais elásticas e espessas, compostas por três camadas (túnica íntima, túnica média e túnica adventícia)	Paredes menos elásticas e espessas que as artérias, compostas por três camadas	Sem túnica média e adventícia, formadas por uma única camada de células endoteliais
Diâmetro	Maior	Menor	Menor (aproximadamente 8 µm)
Ramificações	Se ramificam a partir do coração e se tornam mais finas à medida que se distanciam	Resultam da convergência de vasos capilares e se tornam de maior calibre à medida que chegam próximo ao coração	Formam uma rede complexa de vasos a partir das ramificações das artérias e arteríolas
Exemplos	Artéria pulmonar, que leva sangue rico em oxigênio dos pulmões para o átrio esquerdo do	Veia pulmonar, que leva sangue pobre em oxigênio do átrio direito do coração para os pulmões	Capilares sanguíneos, que fazem trocas gasosas entre o sangue e os tecidos em todo o corpo

Característica	Artérias	Veias	Capilares
	coração		

elementos de tecido conjuntivo fundem-se gradualmente

nece um resumo das

sanguíneos.

Quadro 13.1 Características dos vasos sanguíneos.

Vaso	Diâmetro	Túnica íntima (camada interna)	Túnica média (camada média)	Túnica adventícia (camada externa)
Artérias				
Artéria de grande calibre (artéria elástica)	> 10 mm	Endotélio Tecido conjuntivo Músculo liso	Músculo liso Lamelas elásticas	Mais fina que a túnica média Tecido conjuntivo Fibras elásticas
Artéria de calibre médio (artéria muscular)	2 a 10 mm	Endotélio Tecido conjuntivo Músculo liso Lâmina elástica interna proeminente	Músculo liso Fibras colágenas Fibras elásticas em quantidade relativamente pequena	Mais fina que a túnica média Tecido conjuntivo Algumas fibras elásticas
Artéria de pequeno calibre	0,1 a 2 mm	Endotélio Tecido conjuntivo Músculo liso Lâmina elástica interna	Músculo liso (8 a 10 camadas de células) Fibras colágenas	Mais fina que a túnica média Tecido conjuntivo Algumas fibras elásticas
Arteríola	10 a 100 μm	Endotélio Tecido conjuntivo Músculo liso	Músculo liso (uma ou duas camadas de células)	Bainha fina e mal definida de tecido conjuntivo
Capilar	4 a 10 μm	Endotélio	Nenhuma	Nenhuma
Veias				
Vaso	**Diâmetro**	**Túnica íntima (camada interna)**	**Túnica média (camada média)**	**Túnica adventícia (camada externa)**
Vênula pós-capilar	10 a 50 μm	Endotélio Pericitos	Nenhuma	Nenhuma
Vênula muscular	50 a 100 μm	Endotélio	Músculo liso (uma ou duas camadas de células)	Mais espessa que a túnica média Tecido conjuntivo Algumas fibras elásticas
Veia de pequeno calibre	0,1 a 1 mm	Endotélio Tecido conjuntivo Músculo liso (duas ou três camadas)	Músculo liso (duas ou três camadas contínuas com a túnica íntima)	Mais espessa que a túnica média Tecido conjuntivo Algumas fibras elásticas
Veia de calibre médio	1 a 10 mm	Endotélio Tecido conjuntivo Músculo liso Lâmina elástica interna em alguns casos	Músculo liso Fibras colágenas	Mais espessa que a túnica média Tecido conjuntivo Algumas fibras elásticas
Veia de grande calibre	> 10 mm	Endotélio Tecido conjuntivo Músculo liso	Músculo liso (2 a 15 camadas) Fibras colágenas	Muito mais espessa que a túnica média Tecido conjuntivo Algumas fibras elásticas, músculo liso longitudinal Extensões do músculo cardíaco (bai-

As **lesões ateroscleróticas** constituem a anormali... quirida mais comum dos vasos sanguíneos. Mais d... da metade das mortes anuais está relacionada c... plicações de doença aterosclerótica, que inclui **ca... isquêmica** (ver Boxe 13.3), infarto do miocárdio... vascular encefálico e gangrena dos membros... desenvolvem-se principalmente na túnica íntim... térias elásticas de grande calibre após lesão... resultando em **disfunção endotelial**. Os fator... dispõem a lesões endoteliais incluem níveis ... LDL colesterol, hiperlipidemia, hiperglicemia in... hipertensão, níveis aumentados de toxinas ar... tabagismo e certas infecções virais e bacte... das por citomegalovírus (CMV) ou Chlamydia... respectivamente. Alterações do endotélio... aumento na expressão de moléculas de ad... fície (p. ex., ICAM-1), permeabilidade aum... colesterol e maior adesão dos leucócitos ... monócitos) ao endotélio. A lesão endotelial... dução de espécies reativas de oxigênio, ...

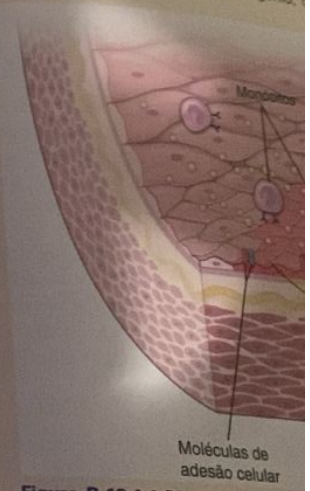


Figura B.13.1.1 Diagrama esquemá... funcionais (*em vermelho*) aumentam a... colesterol (*seta amarela*). Os monócito... qual se diferenciam em macrófagos. ... tadas por macrófagos. O fator de cre... células endoteliais, estimulam a mig...

3. EXPLICAR A REGULAÇÃO NEUROHUMORAL DA PRESSÃO ARTERIAL.

A pressão arterial precisa ser regulada para manter uma pressão arterial média, nem muito alta para não estourar o vaso e nem muito baixa para não faltar oxigênio.

Existem duas maneiras dessa regulação:

a regulação rápida (neural) e a regulação a longo prazo (renal, ou hormonal).

O grande centro responsável por regular tudo: SNC.

Regulação da pressão arterial (PA)

Mecanismos neuro-humorais (curto prazo):

- Barorreceptores
- Receptores cardiopulmonares
- Quimiorreceptores

Mecanismos neuro-humorais (curto prazo):

- Sistema Renina-angiotensina-Aldosterona (SRAA)
- Rins-liquidos corporais
- Mecanismos de auto-regulação

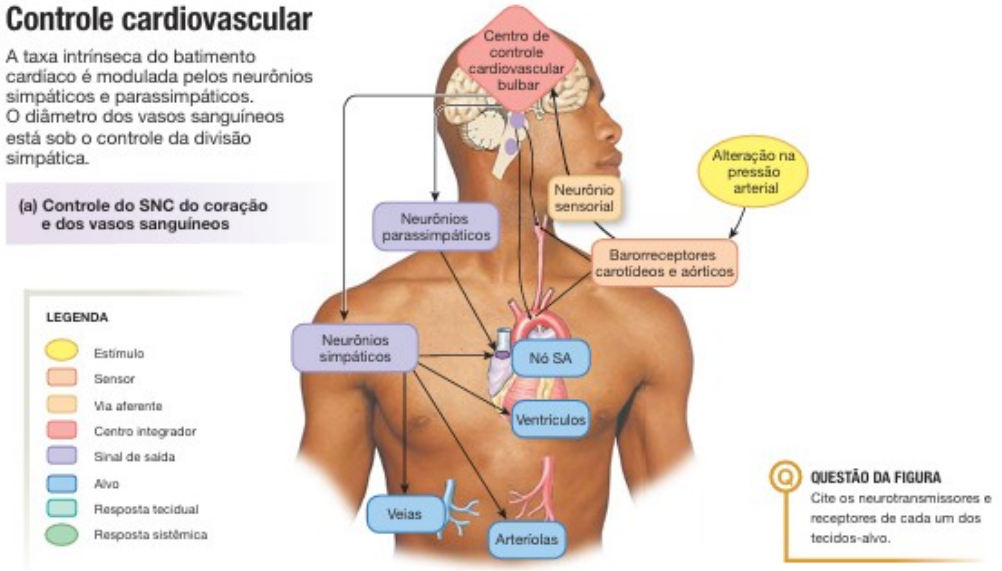
Do silverthorn:

O **sistema nervoso central coordena o controle reflexo da pressão arterial e a distribuição de sangue aos tecidos.** O principal **centro integrador situa-se no bulbo**. Pela complexidade das redes neurais envolvidas no controle cardiovascular, simplificaremos esta discussão e nos referiremos à rede do SNC como centro de con trole cardiovascular (CCC). A principal função do centro de controle cardiovascular é garantir fluxo sanguíneo adequado ao encéfalo e ao coração, mantendo uma pressão arterial média suficiente. Contudo, o CCC também recebe influências de outras partes do encéfalo e tem capacidade para alterar a função de alguns órgãos ou tecidos, sem alterar a função de outros. Por exemplo, os centros termorreguladores do hipotálamo se comunicam com o CCC para alterar o fluxo sanguíneo para a pele. A

comunicação encéfalo-intestino após uma refeição aumenta o fluxo sanguíneo para o trato intestinal. O controle reflexo do fluxo sanguíneo para tecidos específicos altera a pressão arterial média, de modo que o CCC está constantemente monitorando e ajustando suas eferências para manter a homeostasia.

O REFLEXO BARORRECEPTOR CONTROLA A PRESSÃO ARTERIAL

A principal via reflexa para o controle homeostático da pressão arterial média é o reflexo barorreceptor. Os componentes do reflexo estão ilustrados na (FIGURA 15.14a.) Os mecanorreceptores sensíveis ao estiramento, denominados barorreceptores, estão localizados nas paredes das artérias carótidas e aorta, onde eles monitoram continuamente a pressão do sangue que flui para o cérebro (barorreceptores carotídeos) e para o corpo (barorreceptores aórticos).

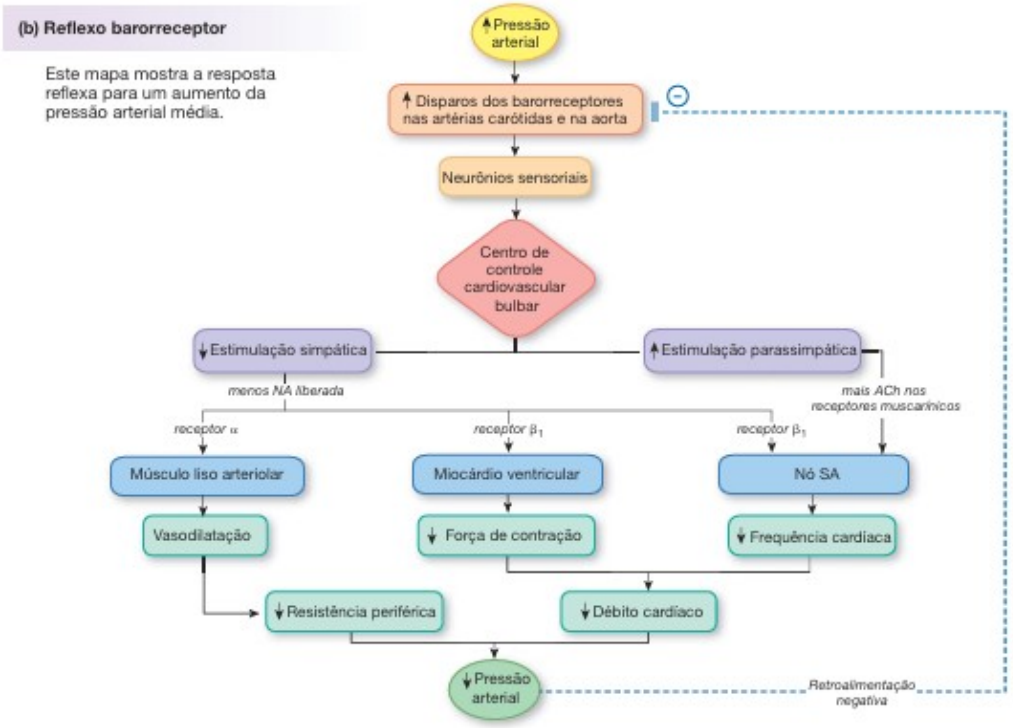


Os barorreceptores carotídeos e aórticos são receptores sensíveis ao estiramento tonicamente ativos que disparam potenciais de ação continuamente durante a pressão arterial normal.

Quando a pressão arterial nas artérias aumenta, a membrana dos barorreceptores estira, e a frequência de disparos do receptor aumenta. Se a pressão sanguínea cai, a frequência de disparos do receptor diminui. Se a pressão arterial se modifica, a frequência de potenciais de ação que viajam a partir dos barorreceptores para o centro de controle cardiovascular bulbar muda. O CCC integra as entradas sensoriais e inicia uma resposta apropriada. A resposta do

reflexo barorreceptor é muito rápida: mudanças no débito cardíaco e na resistência periférica ocorrem dentro de dois batimentos cardíacos após o estímulo. Os sinais que partem do centro de controle cardiovascular são veiculados pelos neurônios autonômicos simpáticos e parassimpáticos. Como você aprendeu, a resistência periférica está sob controle simpático tônico, com a aumentada descarga simpática causando vasoconstrição.

A função cardíaca é regulada por controle antagônico (p. 184). A aumentada atividade simpática aumenta a frequência cardíaca, encurta o tempo de condução através do nó AV e au menta a força de contração miocárdica. Aumentando a atividade parassimpática, ocorre diminuição da frequência cardíaca, mas somente um pequeno efeito na contração ventricular. O reflexo barorreceptor em resposta à aumentada pressão arterial está mapeado na Fig. 15.14b.



Os barorreceptores aumentam sua frequência de disparos quando a pressão arterial aumenta, ativando o centro de controle cardiovascular bulbar. Em resposta, o centro de controle cardiovascular aumenta a atividade parassimpática e diminui a atividade simpática, a fim de reduzir a atividade do coração e dilatar as arteríolas. Quando a frequência cardíaca cai, o débito cardíaco também cai. Nos vasos, a diminuída atividade simpática causa dilatação das arteríolas, reduzindo sua resistência e permitindo maior saída de fluxo sanguíneo das artérias. Como a pressão arterial

média é diretamente proporcional ao débito cardíaco e à resistência periférica (PAM DC RP), a combinação do reduzi do débito cardíaco e da diminuída resistência periférica reduz a pressão arterial média. É importante lembrar que o reflexo barorreceptor está funcionando todo o tempo, não apenas em distúrbios dramáticos da pressão arterial, e que ele não tem uma resposta tudo ou nada. Uma mudança na pressão arterial pode resultar de uma alteração em ambos, débito cardíaco e resistência periférica, ou uma mudança em apenas uma das duas variáveis. Veremos um exemplo. Para este exemplo, utilizaremos o diagrama esquemáti co da (FIGURA 15.15),

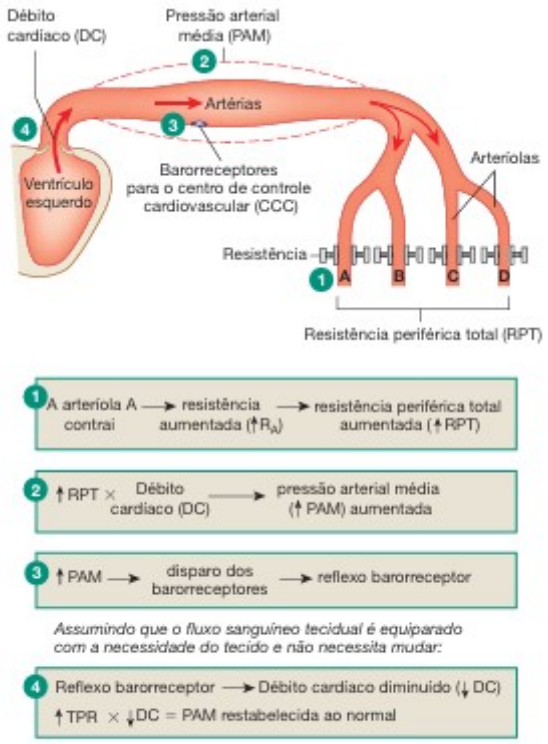


FIGURA 15.15 Integração das mudanças de resistência e débito cardíaco.

o qual combina os conceitos introduzidos nas Figuras 15.8 e 15.13. Nesse modelo, há quatro conjuntos de arteríolas de resistência variável (A–D), cujos diâmetros podem ser controlados independentemente por mecanismos de controle local ou reflexo. Os barorreceptores das artérias monitoram a pressão arterial média e se comunicam com o centro de controle cardiovascular. Suponha que o conjunto A de arteríolas contrai por causa de mecanismos de controle local. A vasoconstrição aumenta a resistência em A e diminui o fluxo através de A. A resistência periférica total (RPT) através de todas as arteríolas também au menta. Usando a relação PAM DC RPT, um aumento na resistência total resulta em um aumento na pressão arterial média. Os barorreceptores arteriais percebem o aumento na PAM e ativam o reflexo barorreceptor. As eferências do centro de controle

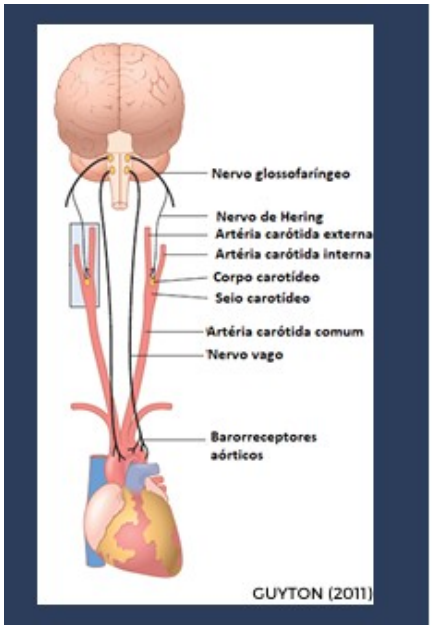
cardiovascular podem alterar o débito cardíaco, a resistência arteriolar ou ambos. Nesse exemplo, podemos assumir que o fluxo sanguíneo nos conjuntos de arteríolas de A a D agora se equipara às necessidades teciduais e deve permanecer constante. Isso significa que a única opção restante para diminuir a PAM é diminuir o débito cardíaco. Assim, os sinais eferentes do CCC diminuem o débito cardíaco, o qual, por sua vez, leva a pressão arterial para baixo. A homeostasia da pressão arterial é restabelecida. Nesse exemplo, o sinal eferente do reflexo barorreceptor alterou o débito cardíaco, porém não mudou a resistência periférica.

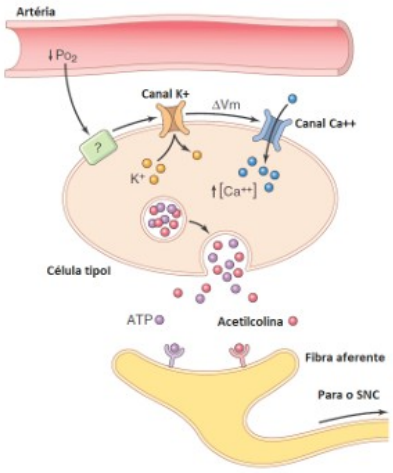
3. Sensores

•Pressorreceptores: São terminações nervosas livre, que perderam a mielina.
Os pressorreceptores localizam-se na **porção média adventícia dos grandes vasos**, **na bifurcação da carótida** (seio carotídeo – mais sensível) e no **arco da aorta** (barorreceptores aórticos).
Quando a pressão arterial é alterada, a parede do vaso também se altera, ativando os mecanorreceptores. Esses receptores, por sua vez, ativam canais sensíveis a pressão não seletivos, havendo um influxo de cálcio e sódio para as células. Isso causa despolarização da membrana, o que ativa canais iônicos sensíveis a voltagem e um potencial de ação é gerado. O PA é **levado até o núcleo do trato solitário, pelo vago** quando o sinal é emitido pelos **barorreceptores aórticos** e **pelo nervo de Hering** (n. sinusal), que se **junta ao n. glossofaríngeo**, quando o sinal é emitido **pelo seio carotídeo.**
Quanto maior a deformação do receptor, o número de disparos de potencial de ação será maior. Os barorreceptores operam na faixa de pressão normal de 100mmHg. Assim, qualquer alteração de pressão, mesmo que ligeira, causa um aumento muito grande no número de disparos.

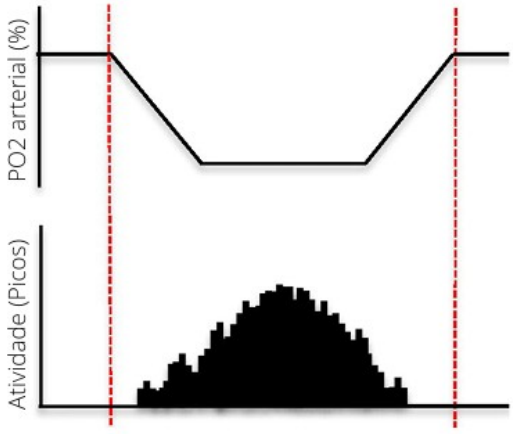
A manutenção da pressão arterial pelos pressorreceptores é importante **quando a pessoa fica em pé**, **depois de deitada. Imediatamente após a mudança de posição, a pressão arterial tende a diminuir,** pois a cabeça não está mais no mesmo nível do coração. Acentuada redução de pressão **poderia provocar a perda de consciência**. Entretanto, a queda de pressão **gera reflexo imediato**, o que minimiza os efeitos da queda da PA na cabeça e na parte superior do corpo.

O mecanorreceptor tem características de **saturação e adaptação**. Os barorreceptores tendem a se reprogramar para o nível de pressão ao qual estão expostos depois **de 1 ou 2 dias**. Quando a PA se eleva bastante, **o número de disparos** também **aumenta**, mas, depois de um tempo, **fica constante** e depois **retornam ao valor normal**, mesmo que a pressão continue elevada.





GUYTON (2011)



ACCORSI-MENDONÇA & MACHADO. (2013)

Em relação a imagem:

Parte da esquerda (imagem de Guyton, 2011)

Mecanismo celular da ativação:

1. Quando a **PO_2 (pressão parcial de oxigênio) arterial cai**, a **célula tipo I** (ou glômica) no corpúsculo carotídeo **detecta essa queda**.
2. Essa queda **inibe canais de K^+** na membrana, alterando o potencial elétrico da célula (**despolarização**).

3. A despolarização **abre canais de Ca^{2+}**, permitindo a **entrada de cálcio**.
4. O aumento de Ca^{2+} faz a célula **liberar neurotransmissores** (como **acetilcolina, dopamina, ATP**) na **sinapse com a fibra aferente**.
5. Essa fibra leva o **sinal ao sistema nervoso central (SNC)**, estimulando o **centro respiratório no bulbo**.
6. O resultado é um **aumento da ventilação** (respiração mais rápida e profunda) para restaurar o oxigênio.

 Resumo:
Baixo O_2 → despolarização → liberação de neurotransmissores → ativação neural → aumento da respiração.

Parte da direita (gráfico — Accorsi-Mendonça & Machado, 2013)

Relação entre PO_2 (pressão parcial de oxigênio) arterial e atividade dos quimiorreceptores:

- **Eixo X (inferior):** varia a PO_2 arterial.
- **Eixo Y (vertical):** mostra a **atividade dos quimiorreceptores** (frequência de potenciais de ação).

 Interpretação:

- Quando a **PO_2 está normal (alta)** → baixa atividade (os quimiorreceptores "descansam").
- À medida que a **PO_2 cai**, os quimiorreceptores **aumentam sua atividade**, atingindo o **pico quando o O_2 está bem baixo**.
- Quando a PO_2 volta ao normal, a **atividade diminui novamente**.

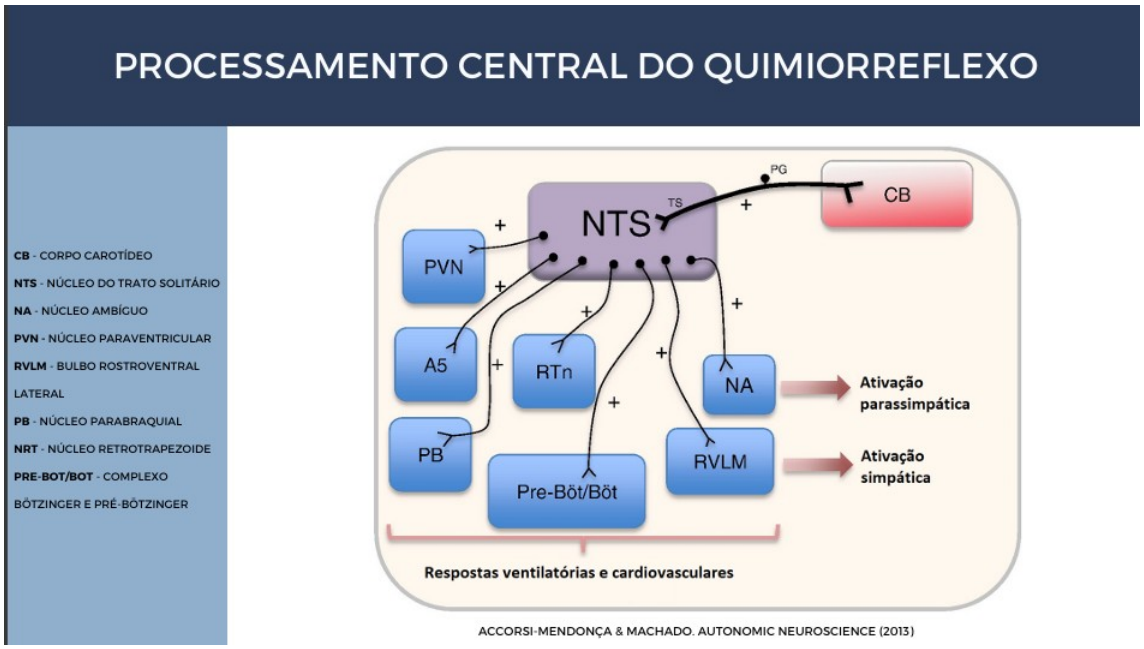
  Ou seja, eles **respondem de forma inversa à PO_2 — quanto menor o oxigênio, maior a ativação**.

Integração final

Essa resposta é essencial durante o **exercício físico** (como na corrida):

- O corpo consome mais oxigênio → PO_2 arterial tende a cair.

- Os quimiorreceptores detectam isso → estimulam o **centro respiratório**.
- Resultado: **hiperventilação compensatória**, aumentando a captação de O_2 e eliminação de CO_2.



Em relação a imagem acima:

CB – Corpo Carotídeo (sensor periférico)

- O **CB** detecta alterações químicas no sangue (↓ O_2, ↑ CO_2, ↓ pH).
- Essa informação viaja por nervo **glossofaríngeas (nervo IX)** até o **NTS** (núcleo do trato solitário), no bulbo.
  Na figura, essa é a seta que vai do **CB → NTS**.

---

2. NTS – Núcleo do Trato Solitário (centro integrador)

- O **NTS** é o **principal centro de integração** das informações dos quimiorreceptores.
- Ele **processa o sinal** e o **redistribui** para outros núcleos que controlam:
  - A respiração (ventilação)
  - A atividade simpática e parassimpática (controle cardiovascular)

🧠 3. Núcleos conectados ao NTS

A partir do NTS, o sinal segue para diferentes alvos com funções específicas:

Núcleo	Função principal	Efeito
Pre-Bötzinger / Bötzinger (Pre-Böt/Böt)	Centro gerador do ritmo respiratório	↑ Ventilação (resposta respiratória)
NA (Núcleo Ambíguo)	Saída parassimpática cardíaca	↓ Frequência cardíaca
RVLM (Bulbo rostral ventrolateral)	Centro vasomotor simpático	↑ Tônus vascular e pressão arterial
RTn (Núcleo Retrotrapezoide)	Integra CO_2 e pH	Ajusta ritmo respiratório
A5 e PB (Parabraquial)	Modulação e coordenação das respostas	Sincroniza respiração e circulação
PVN (Núcleo Paraventricular)	Liga o sistema nervoso autônomo e o endócrino	Regula respostas prolongadas de estresse e respiração

⚙️ 4. Ativação simpática e parassimpática

- Quando o NTS é ativado:
    - Estimula o **RVLM → aumenta o sistema simpático → ↑ pressão arterial, ↑ frequência cardíaca**
    - Estimula o **NA → ativa o parassimpático** (em situações específicas) → **↓ frequência cardíaca**

Essas duas vias se equilibram conforme a intensidade do estímulo químico.

🔄 5. Resposta final

As informações integradas geram:

- **Aumento da ventilação pulmonar** (para captar mais O_2 e eliminar CO_2)
- **Ajuste cardiovascular** (para melhorar o fluxo sanguíneo e manter oxigenação tecidual)

 Na base da figura:
"**Respostas ventilatórias e cardiovasculares**" — o produto final do quimiorreflexo.

 Resumo simples

Etapa	Estrutura	Função
1	Corpo carotídeo	Detecta $\downarrow O_2$, $\uparrow CO_2$, $\downarrow$pH
2	NTS (bulbo)	Integra os sinais
3	Núcleos respiratórios (Pre-Böt, PB, RTn)	Controlam respiração
4	Núcleos autonômicos (NA, RVLM)	Ajustam pressão e ritmo cardíaco
	Resposta final	↑ Ventilação + ajuste cardiovascular

COMEÇAR DAQUI: Quimiorreceptores: células sensíveis à falta de oxigênio e ao excesso de CO2

e de íons hidrogênio no sangue.

Eles estão situados na **bifurcação das carótidas** (corpos carotídeos) e na **raiz da**

aorta (corpos aórticos). Também enviam sinais para o núcleo do trato solitário (NTS) no centro vasomotor via n.

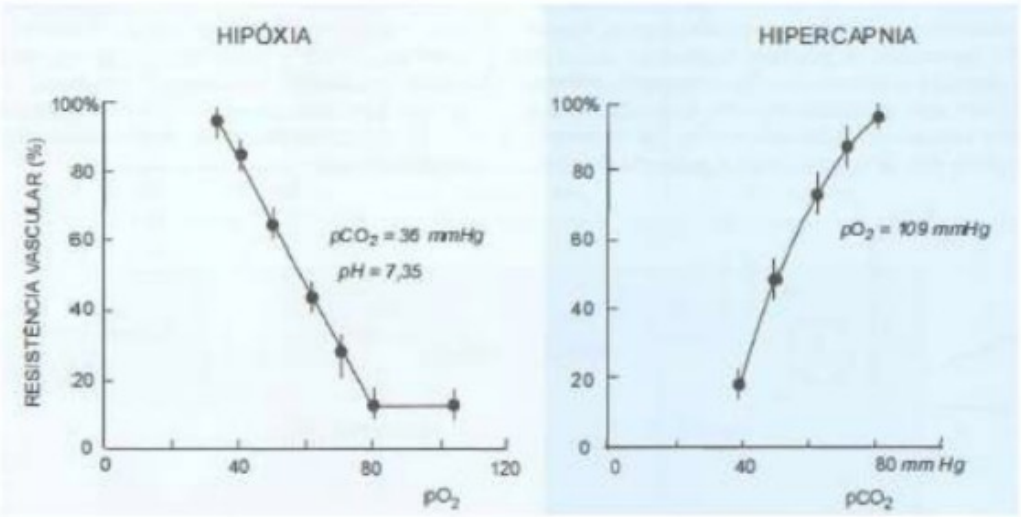
de Hering e via n. vago. **Quando a PA cai,** os quimiorreceptores **são estimulados**

porque com a pressão baixa, o **fluxo diminui, o que reduz os níveis de oxigênio** no

sangue. Os quimiorreceptores só **ajudam no controle da PA quando esta cai abaixo**

de 80mmHg.

TERMINAR COM ISSO DE BAIXO:



Hipóxia: diminuição da pressão parcial de O2 → fluxo sanguíneo baixo → aumento da

resistência vascular → aumento a pressão arterial → aumento o fluxo sanguíneo.

Hipercapnia: aumento da pressão parcial de CO2 → fluxo sanguíneo baixo; o sangue

não está sendo oxigenado adequadamente → aumento da resistência vascular →

aumento da pressão arterial → aumento o fluxo sanguíneo.

4. EXPLORAR O FLUXO SANGUINEO (ENTENDER SUA AÇÃO EM DIFERENTES MOMENTOS – HOMEOSTASE, FASES E ATLETA).

ATLETA AEROBIA (CORRIDA, CAMINHADA)

Músculos de membros inferiores terão maior participação para caminhar e correr, e principalmente, os respiratórios como o diafragma.

Esse músculos estão fazendo um trabalho maior e por isso estão precisando de energia para contração muscular de quadríceps, isquiotibiais, glúteos. As musculaturas de membros superiores vai ter uma necessidade energética menor já que não são muito utilizados para a corrida/caminhada.

Logo, o miocárdio esta gerando um fluxo de sangue (pela artéria aorta) para os membros inferiores, superiores e tronco.

O debito cardíaco que leva o O2 no fluxo sanguíneo vai ser distribuído por todo corpo, mas se a necessidade energética é maior em membros inferiores do que em tronco e membros superiores, é obvio que o fluxo sanguíneo e o debito cardíaco vai ter uma distribuição diferente ao longo do corpo. Logo, tendo uma redistribuição de fluxo sanguíneo para os membros inferiores para ter um maior fluxo sanguíneo e maior oxigênio.

Como o corpo faz essa redistribuição do fluxo sanguíneo?

DC (débito cardíaco) = frequência cardíaca X volume ejeção ventricular/volume sistólico.

Necessidade maior para mmii, então, haverá uma **vasodilatação** para os vasos sanguíneos que dão acesso a partir da artéria aorta para os músculos de membro inferior.

Exemplo: um vaso sanguíneo de um calibre assim

Em uma situação de esforço generalizado, se a pessoa começar a correr e então a musculatura de MMI vai ser a mais requisitada que vai precisar de uma maior energia e consequentemente maior fluxo sanguíneo e oxigênio. Os diâmetros dos vasos sanguíneos, sejam eles artérias, arteríolas ou capilares que dão acesso as musculaturas de membro inferior terão uma **vasodilatação** (aumento do calibre do vaso, vaso dilata, aumenta o seu calibre)

e com isso o fluxo sanguíneo que entra nesse vaso sanguíneo é maior o que propícia um aporte sanguíneo maior nesse vaso para a região de membros inferiores (que é onde há maior necessidade).

Débito cardíaco = quantidade de sangue ejetado a cada minuto. EX: 20L/min

OBS:

A medida que o atleta vai ficando mais rápido ele vai precisar de menos debito cardíaco em repouso.

Debito cardíaco em repouso de pessoas normais= 5,7L/min

De atletas= 4,4L/min

De atletas de elite= 4,2L/min

Pq o debito cardíaco em repouso é medido pela frequencia cardíaca em repouso X volume sistólico.

As alterações mais comuns são:

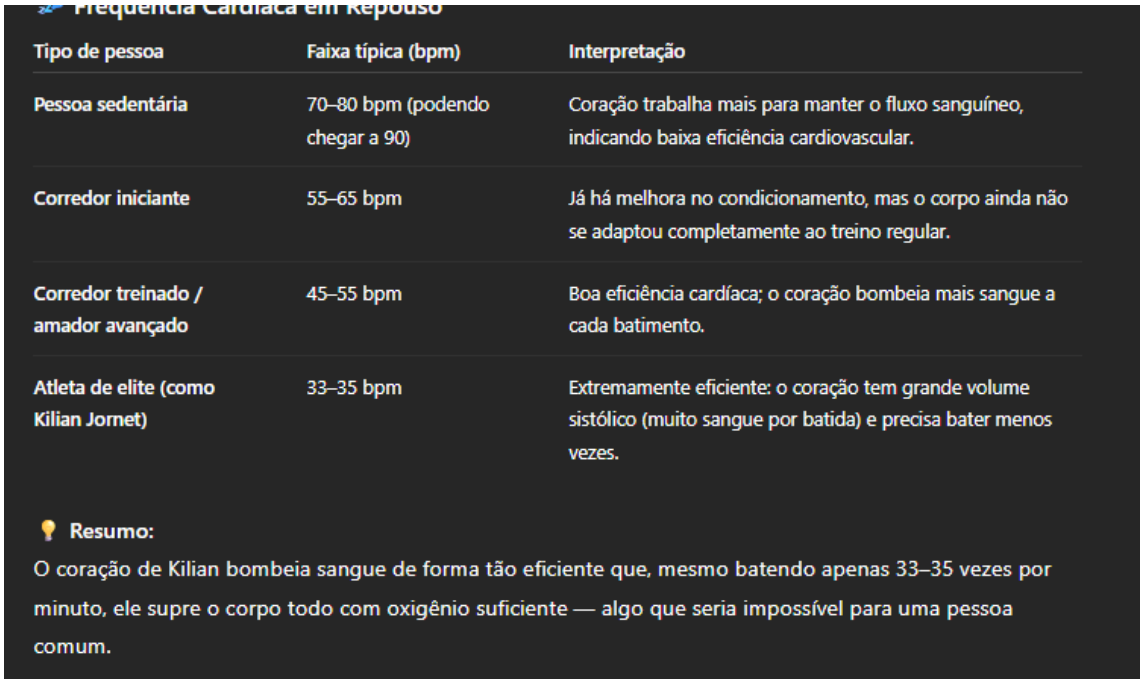
- Aumento da espessura da parede e tamanho da câmara do ventrículo esquerdo (VE), devido à maior carga de volume e pressão;
- Aumento do volume de ejeção e débito cardíaco máximo;
- Bradicardia (frequência cardíaca de repouso baixa);
- Aumento do tempo de enchimento diastólico;
- Aumento do tônus vagal, que resulta em uma menor demanda de oxigênio pelo miócárdio;
- Aumento da hemoglobina e do volume sanguíneo.

Apesar das mudanças, as funções diastólica e sistólica permanecem iguais.

- Hipertrofia ventricular esquerda predominantemente excêntrica é observada em esportes com alta dinâmica e baixa demanda estática (por exemplo, corrida); (para ter um maior volume de sangue).

CORREDOR DE TRAIL ESCOLHIDO PARA ANALISAR:
Kilian jornet

Frequencia de descanso cardíaco é **34 bpm**

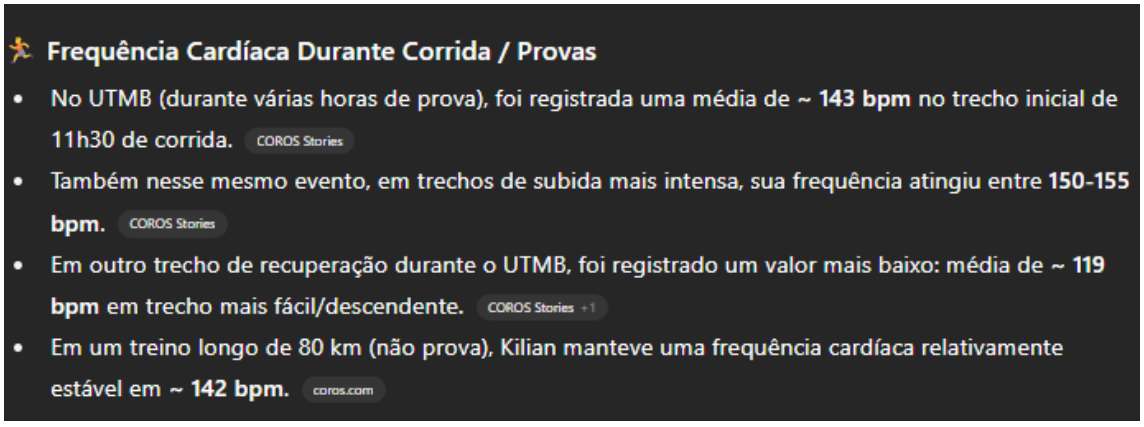


Frequência Cardíaca em Repouso

Tipo de pessoa	Faixa típica (bpm)	Interpretação
Pessoa sedentária	70–80 bpm (podendo chegar a 90)	Coração trabalha mais para manter o fluxo sanguíneo, indicando baixa eficiência cardiovascular.
Corredor iniciante	55–65 bpm	Já há melhora no condicionamento, mas o corpo ainda não se adaptou completamente ao treino regular.
Corredor treinado / amador avançado	45–55 bpm	Boa eficiência cardíaca; o coração bombeia mais sangue a cada batimento.
Atleta de elite (como Kilian Jornet)	33–35 bpm	Extremamente eficiente: o coração tem grande volume sistólico (muito sangue por batida) e precisa bater menos vezes.

Resumo:
O coração de Kilian bombeia sangue de forma tão eficiente que, mesmo batendo apenas 33–35 vezes por minuto, ele supre o corpo todo com oxigênio suficiente — algo que seria impossível para uma pessoa comum.

Frequencia cardíaca durante prova:



Frequência Cardíaca Durante Corrida / Provas

- No UTMB (durante várias horas de prova), foi registrada uma média de ~ **143 bpm** no trecho inicial de 11h30 de corrida. COROS Stories
- Também nesse mesmo evento, em trechos de subida mais intensa, sua frequência atingiu entre **150-155 bpm.** COROS Stories
- Em outro trecho de recuperação durante o UTMB, foi registrado um valor mais baixo: média de ~ **119 bpm** em trecho mais fácil/descendente. COROS Stories +1
- Em um treino longo de 80 km (não prova), Kilian manteve uma frequência cardíaca relativamente estável em ~ **142 bpm.** coros.com

Frequencia cardíaca de corredores em comparação a kilian:

Frequência Cardíaca Durante Corrida

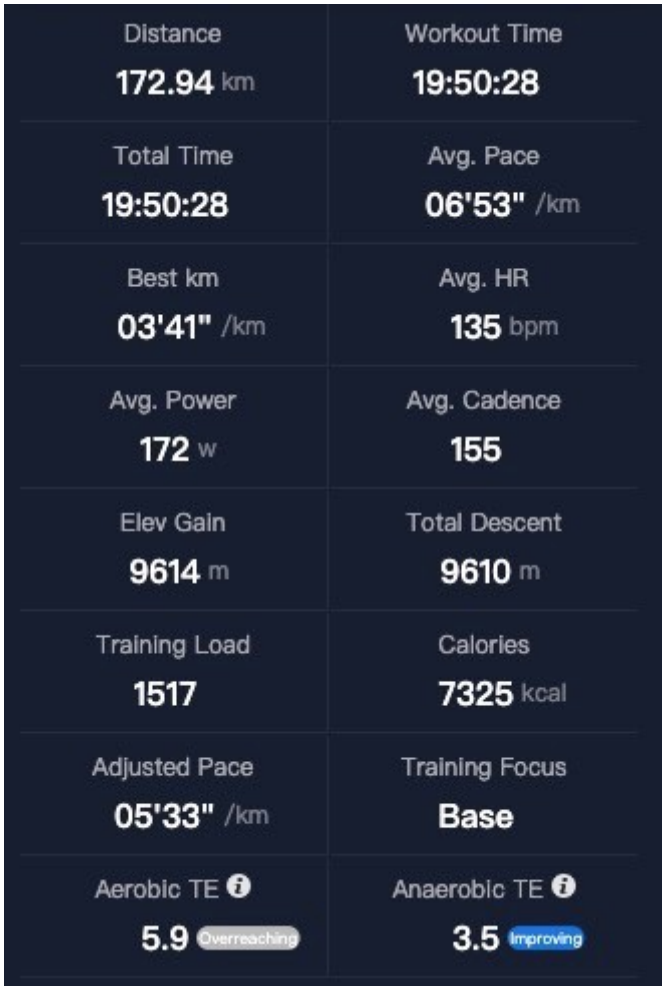
Tipo de pessoa	Média durante treino moderado	Em esforço intenso
Sedentário	120–150 bpm	160–180 bpm ou mais
Corredor iniciante	130–160 bpm	170–190 bpm
Corredor treinado	120–145 bpm	160–175 bpm
Kilian Jornet (elite)	140–145 bpm (corrida de montanha)	150–155 bpm (subidas intensas)

Interpretação:

Mesmo correndo por horas em altitudes elevadas e com esforço extremo, a frequência cardíaca de Kilian permanece **controlada e eficiente**.

Já em corredores iniciantes, a frequência sobe muito mais rápido e demora mais para cair após o esforço — sinal de menor condicionamento cardiovascular e recuperação mais lenta.

Desde seu início em 2003, a Ultra-Trail du Mont-Blanc (UTMB), é reconhecida como uma das maiores corridas de ultra maratona no mundo. SÃO 171KM. Em sua história, ninguém terminou o percurso completo mais rápido que Kilian Jornet em 26-27 de agosto de 2022. Com um tempo de 19:49:30.



Distance → Distância

Workout Time → Tempo de treino

Total Time → Tempo total

Avg. Pace → Ritmo médio

Best km → Melhor quilômetro

Avg. HR → Frequência cardíaca média

Avg. Power → Potência média

Avg. Cadence → Cadência média

Elev Gain → Ganho de elevação

Total Descent → Descida total

Training Load → Carga de treino

Calories → Calorias

Adjusted Pace → Ritmo ajustado

Training Focus → Foco do treino

Aerobic TE → Efeito de treino aeróbico

Anaerobic TE → Efeito de treino anaeróbico

Ao analisarmos o novo recorde do Kilian da UTMB por partes, alguns pontos saltam à vista: Primeiro, o desenvolvimento de sua frequência cardíaca é incrível. As primeiras 11,5 horas foram as mais difíceis. Durante este período, ele manteve uma média de 143 bpm e ficou por mais de uma hora em sua zona de Potência Aeróbica (Zona 2). (zona 2= correr com 60- 70% da FCM). Segundo, mesmo tendo iniciado a uma frequência baixa, Kilian pôde manter seu Pace Ajustado e apertar o passo conforme necessário. Para termos uma melhor ideia de como a prova se desenrolou, dividiremos a prova em cada um dos seus segmentos e veremos seus dados para demonstrar o esforço de Kilian.

Heart Rate → Frequência Cardíaca

Elevation → Elevação

Adjusted Pace → Ritmo Ajustado

OBS da sala de aula:

Colar a imagem do quadro aqui!!!